

Научная статья
Статья в открытом доступе
УДК 629.4
doi: 10.30987/2782-5957-2025-2-49-54

ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ПОЕЗДОВ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Михаил Юрьевич Куликов¹, Николай Николаевич Воронин², Дмитрий Сергеевич
Гушчин³✉

^{1,2,3} Российский университет транспорта, Москва, Россия

¹ muk.56@mail.ru

² profvnn@mail.ru

³ dimagushch@yandex.ru

Аннотация

Представлена статистика и структура отказов поездов и тормозной системы Московского метрополитена. Обоснованы причины поиска путей и способов повышения их надежности тормозных систем поездов метрополитена.

Цель исследования: повышение долговечности тормозных систем поездов метрополитена. Задача, решению которой посвящена статья – выявить слабые места тормозных систем поездов метрополитена.

Методы исследования: теоретические методы исследования тормозных систем поездов метрополитена, анализ причин отказов, их особенностей,

разновидностей и анализ принципа работы и конструкции тормозных систем.

Новизна работы: установление наиболее уязвимого узла тормозной системы поездов метрополитена.

Результаты исследования: резинотехнические изделия – наиболее уязвимый узел тормозной системы. Выводы: требуется провести работу по поиску путей и способов повышения их надежности.

Ключевые слова: поезд, метрополитен, резинотехнические изделия, тормозная система, безопасность.

Ссылка для цитирования:

Куликов М.Ю. Причины отказов тормозных систем поездов Московского метрополитена / М.Ю. Куликов, Н.Н. Воронин, Д.С. Гушчин // Транспортное машиностроение. – 2025. – № 2. – С. 49-54. doi: 10.30987/2782-5957-2025-2-49-54.

Original article
Open Access Article

CAUSES OF TRAIN BRAKING SYSTEM FAILURES OF MOSCOW METRO

Mikhail Yuryevich Kulikov¹, Nikolay Nikolaevich Voronin², Dmitry Sergeevich Gushchin³✉

^{1,2,3} Russian University of Transport, Moscow, Russia

¹ muk.56@mail.ru

² profvnn@mail.ru

³ dimagushch@yandex.ru

Abstract

The statistics and structure of failures of trains and braking systems of Moscow Metro are presented. The reasons for finding ways and means to increase the reliability of metro train braking systems are described.

The study objective is to increase the durability of metro train braking systems. The task to which the paper is devoted is to find out the weaknesses of metro train braking systems.

Research methods: theoretical methods for the study of metro train braking systems, analysis of failure causes, their features, varieties, and analysis of operational principle and design of braking systems.

The novelty of the work: finding out the most vulnerable unit of metro train braking systems.

Research results: rubber products are the most vulnerable components of braking systems. Conclu-

sions: some work is required to find ways and means to increase their reliability.

Reference for citing:

Kulikov MYu, Voronin NN, Gushchin DS. Causes of train braking system failures of Moscow Metro. Transport Engineering. 2025;2:49-54. doi: 10.30987/2782-5957-2025-2-49-54.

Введение

Тормозная система поездов метрополитена - это самый важный и ответственный элемент подвижного состава. Она должна обеспечивать контроль скорости, торможение подвижного состава независимо от погодных, температурных условий, скорости следования, путем создания принудительного сопротивления движению, во избежание аварий.

Работоспособность тормозной системы во многом определяет безопасность движения и комфорт пассажиров при перемещении поездов метрополитена.

Повышению долговечности и надежности железнодорожных составов и ее тормозной системы посвящено большое количество работ [1, 2, 3, 4].

Так в работе [3] повышение надежности происходит путем изменения жест-

Keywords: train, metro, rubber products, braking system, safety.

кости пружины воздухораспределителя № 483. В работе [1] путем создания эффективной технологии ремонта деталей рычажно-механической системы. В работе [2] путем повышения долговечности резьбовых соединений. В работе [4] повышение надежности достигается путем контроля целостности тормозной магистрали.

Во всех этих работах повышение долговечности достигается путем улучшения отдельных элементов, а общий анализ причин отказов тормозной системы проведен не был.

Целью работы является определение направления увеличения долговечности, повышение надежности тормозных систем поездов метрополитена.

Структура отказов всех групп оборудования поездов метрополитена

Были собраны статистические данные отказов поездов Московского метрополитена за 2021-2024 год, была составлена структура выхода из строя элементов вагонов. Полученные данные представлены на рис. 1. Их анализ показывает, что несмотря на то, что в структуре отказов подвижного состава Московского метрополитена неисправности, связанные с тормозным оборудованием составили 6 %, ей уделяется большое внимание, учитывая ту роль, которую тормозная система играет в обеспечении транспортной безопасности.

Ввиду отказов тормозного оборудования происходит внеплановый ремонт вагона, что приводит к дополнительным затратам времени и ресурсов, для восстановления работоспособности вагона. За рассмотренный период было затрачено более 300 нормо-часов на поиск и устранение неисправностей.

Проведенный анализ случаев отказов, показал, что 80 % отказов тормозного оборудования приходится на неисправ-

ность резиновых уплотнений. В зависимости от характера повреждений встречаются различные виды износа резинотехнических изделий, такие как:

- усталостный износ;
- абразивное изнашивание;
- хрупкое поверхностное разрушение;
- гидро- и аэроэрозионный износ;
- молекулярный (адгезионный) износ.

При изучении выхода из строя резиновых уплотнений было установлено, что наибольшее количество случаев приходится на усталостный износ.

Было установлено, что усталостный износ чаще всего встречается в наиболее эксплуатируемых узлах тормозной системы. Проявляется данный износ в снижении эластичности резиновых уплотнений, что приводит к увеличению утечек и большему расходу сжатого воздуха, а также к перепаду давления в тормозной магистрали.

Кроме того, при большом сроке службы или хранения, резинотехнические изде-

лия могут потерять морозостойкость. Сочетание агрессивных сред и напряжений при механических воздействиях в процессе эксплуатации приводит к растрескиванию, надрыву и вздутию резины.

Был проведён анализ причин отказов тормозного оборудования за рассматриваемый период времени и приведен на рис. 2.

Была составлена диаграмма причин выхода из строя резиновых уплотнений, которая представлена на рис. 3.

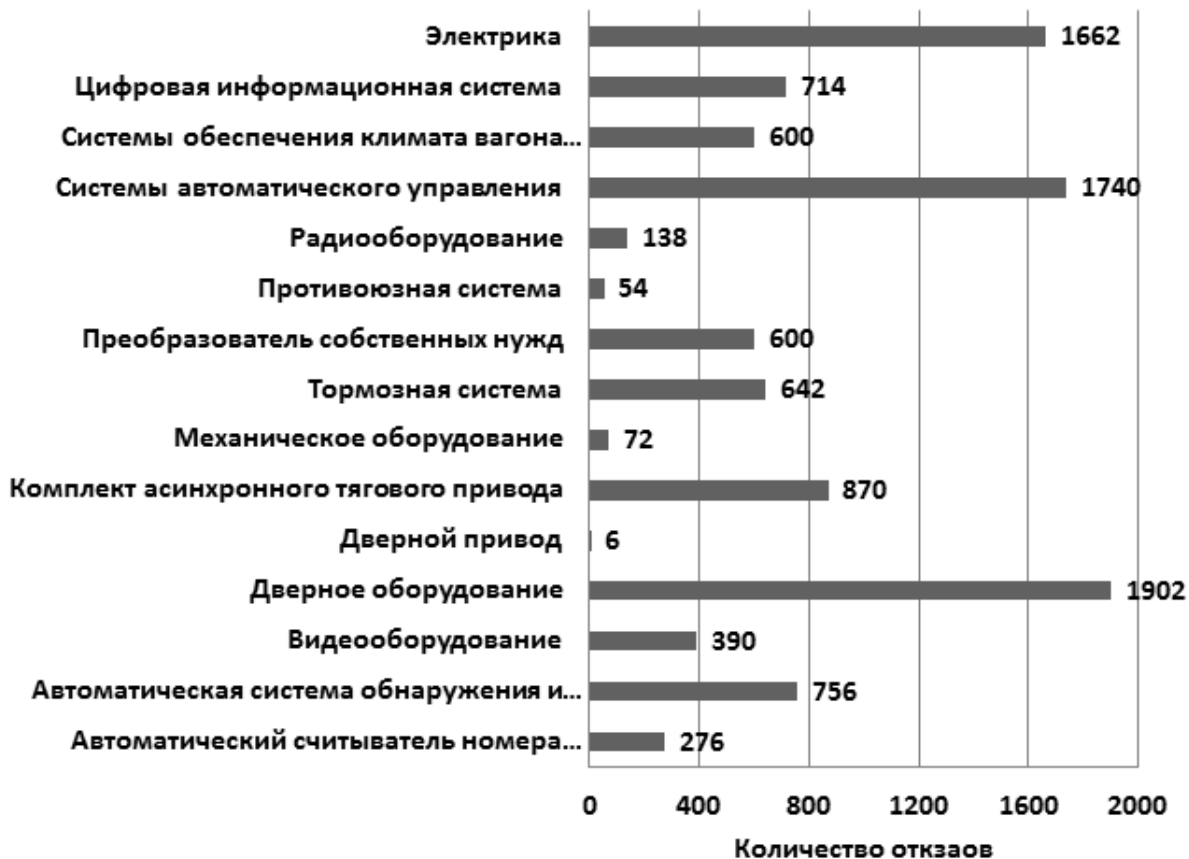


Рис. 1. Гистограмма отказов по типу оборудования

Fig. 1. Failure histogram by type of equipment

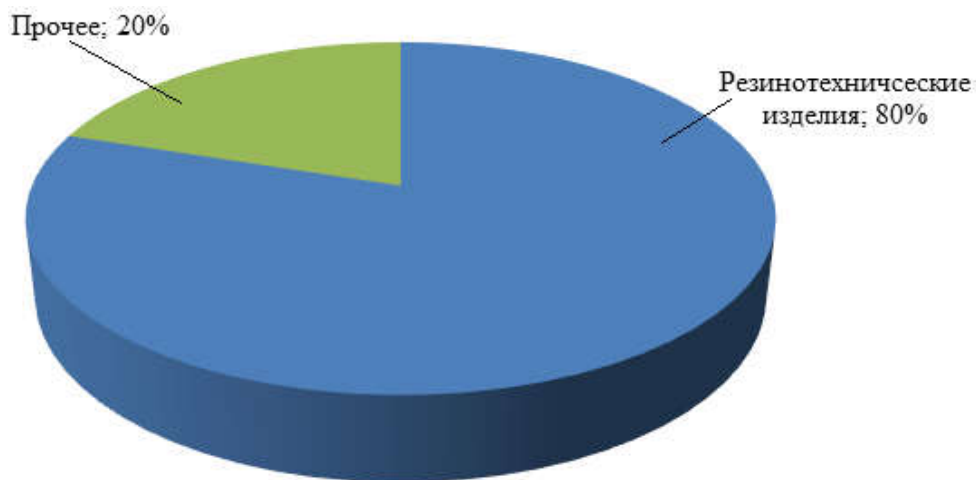


Рис. 2. Диаграмма отказов тормозного оборудования

Fig. 2. Diagram of brake equipment failures

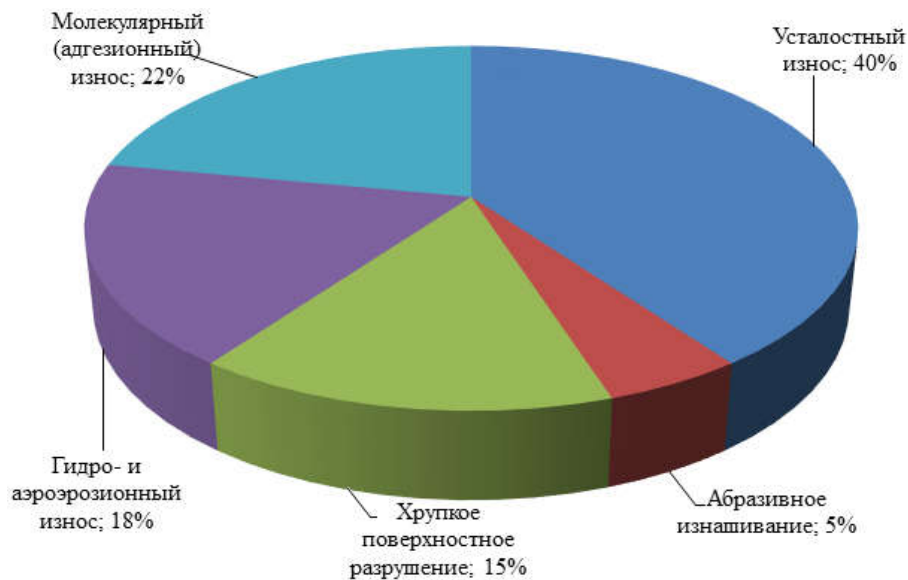


Рис. 3. Диаграмма причин выхода из строя резиновых уплотнений
 Fig. 3. Diagram of the causes of failure of rubber seals

В настоящее время резинотехнические изделия для тормозной системы поездов метрополитена изготавливаются из резиновой смеси марок 7-7130, 7-7257 и 7-7362.

Чаще всего неисправности резинотехнических изделий встречаются в диафрагме реле давления и диафрагме крана машиниста.

Диафрагма крана машиниста участвует в процессе зарядки тормозной магистрали, поддержания в ней определённого давления и выпуска воздуха в атмосферу при торможении. Диафрагма реле давле-

ния предназначена для поддержания требуемого давления.

Электронно-микроскопические исследования показали, что неисправности, представленные на рис. 4 и 5 являются надрывами, разрывами, что является усталостным разрушением поверхностного слоя.

Диафрагмы, представленные рис. 4 и 5 находились в интенсивной эксплуатации, в том числе в различных климатических условиях окружающей среды, что привело к усталостному износу.



а)



б)

Рис.4. Неисправная диафрагма крана машиниста:
 а – расположение дефекта на диафрагме; б – дефект диафрагмы (надрыв)
 Fig.4. Faulty diaphragm of the crane operator: a – the location of the defect on the diaphragm;
 b – the defect of the diaphragm (rupture)



а)



б)

Рис. 5. Неисправная диафрагма реле давления: а – расположение дефекта на диафрагме; б – неисправность диафрагмы (разрыв)

Fig. 5. Faulty diaphragm of the pressure switch: a – location of the defect on the diaphragm; b – diaphragm malfunction (rupture)

Заключение

Утомление материала возникает в результате усталости, вызванной действием механических напряжений и окислительных процессов, активированных механи-

ческим воздействием. Исходя из описанного в статье анализа, требуется провести работу по поиску путей и способов повышения их надежности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Смольянинов, П. В. Обоснование пути повышения надёжности тормозной системы грузовых вагонов / П. В. Смольянинов, В. С. Смольянинов, В. А. Четвергов // Известия Транссиба. 2012. №1(9). С. 42–50.
2. Колесников И.В. Повышение долговечности резьбовых соединений тормозных систем вагонов. 2009. 23 с.
3. Иванов П.Ю. Повышение эффективности тормозов грузового поезда за счет улучшения ха-

- рактеристик воздухораспределителя № 483- известия транссиба. 2022. 10с
4. Федоров Е.В. Совершенствование способов контроля и методов расчета параметров тормозной системы железнодорожного подвижного состава. 2024. Екатеринбург. 19с.
5. Мелькумова, Т. В. Старение резинотехнических изделий в процессе их хранения / Т. В. Мелькумова. - Текст : непосредственный // Молодой ученый. 2017. № 11.3 (145.3). С. 33-35.

REFERENCES

1. Smolyaninov PV, Smolyaninov VS, Chetvergov VA. Substantiation of ways to improve the reliability of the braking system of freight cars. Journal of Transsib Railway Studies. 2012;1(9):42-50.
2. Kolesnikov IV. Improving the durability of threaded connections of brake systems of cars. 2009.
3. Ivanov PYu. Improving the efficiency of freight train brakes by upgrading the characteristics of air

- distributor. Journal of Transsib Railway Studies. 2022;483:10.
4. Fedorov EV. Improvement of control and calculation methods of railway rolling stock braking system parameters. Yekaterinburg; 2024.
5. Melkumova TV. Aging of rubber-technical products during their storage. Molodoi Ucheny. 2017;11.3(145.3):33-35.

Информация об авторах:

Куликов Михаил Юрьевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава» Российского университета транспорта (МИИТ), тел: +7(964)578-56-89.

Воронин Николай Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного

состава» Российского университета транспорта (МИИТ), тел: +7(903)118-15-47.

Гущин Дмитрий Сергеевич – аспирант первого года обучения кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава» Российского университета транспорта (МИИТ), тел: +7(903)111-45-86.

Kulikov Mikhail Yuryevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technology of Transport Machinery and Repair of Rolling Stock at the Russian University of Transport (MIIT), phone: +7(964)578-56-89.

Voronin Nikolay Nikolaevich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technology of Transport Engineering and Repair of Rolling Stock

at the Russian University of Transport (MIIT), phone: +7(903)118-15-47.

Gushchin Dmitry Sergeevich – a first-year postgraduate student at the Department of Technology of Transport Engineering and Repair of Rolling Stock at the Russian University of Transport (MIIT), phone: +7(903)111-45-86.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья опубликована в режиме Open Access.
Article published in Open Access mode.

Статья поступила в редакцию 13.01.2025; одобрена после рецензирования 29.01.2025; принята к публикации 30.01.2025. Рецензент – Антипин Д.Я., кандидат технических наук, доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог», директор учебно-научного института транспорта Брянского государственного технического университета, член редсовета журнала «Транспортное машиностроение».

The article was submitted to the editorial office on 13.01.2025; approved after review on 29.01.2025; accepted for publication on 30.01.2025. The reviewer is Antipin D.Ya., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Railway Rolling Stock, Director of the Educational and Scientific Institute of Transport at Bryansk State Technical University, member of the Editorial Council of the journal *Transport Engineering*.

НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ!

**В Брянском государственном техническом университете с 2025 года открывается приём на новое направление подготовки бакалавров
09.03.03 – Прикладная информатика,
профиль «Компьютерное проектирование и дизайн»**

Развитие техники и технологий в современном мире предъявляют к промышленным машинам и механизмам не только требования в обеспечении надёжности, долговечности и безопасности, но и требования современного дизайна, эстетичности, удобства пользования и оптимальной конструкции. Современные системы 3D моделирования и виртуализации позволяют на новом уровне переосмыслить промышленный дизайн и создавать инновационную футуристичную продукцию, притягивающую взгляд!

Объектом профессиональной деятельности выпускника является промышленный дизайн и проектирование технических систем, машин и механизмов с помощью современных IT технологий, 3D прототипирования и виртуализации. Областью знаний будущих выпускников является способность выполнять расчёт и проектирование машин и механизмов, применять прикладное программирование для решения технических задач и создавать современный дизайн промышленных объектов с помощью IT технологий.

Будущий выпускник будет востребован конструкторскими организациями, промышленными предприятиями, научно-исследовательскими учреждениями, высшими учебными заведениями в качестве инженера-проектировщика, прикладного программиста или дизайнера технических систем, а материально-техническая база университета и кафедры, квалифицированный преподавательский состав и продуманный учебный план подготовки бакалавра гарантирует получение студентами глубоких знаний в области промышленного дизайна, прикладного программирования и проектирования современных промышленных машин, комплексов и оборудования.

Контактная информация

Сайт университета:
Приемная комиссия:

www.tu-bryansk.ru
pk@tu-bryansk.ru

Тел.: 8 (4832) 58-82-64,
8 (4832) 51-03-57