

Статья поступила в редакцию: 31.07.2026

Статья принята к публикации: 21.08.2026

Статья опубликована: 28.08.2026

УДК 656.13:629.3.083.7

Анализ характерных неисправностей электрических самокатов и пути совершенствования системы их технического обслуживания в городской среде

Световой Максим Андреевич

соискатель кафедры

Наземные транспортно-технологические средства и комплексы, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ)

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

E-mail: svetovoim@gmail.com

Analysis of typical malfunctions of electric scooters and ways to improve their maintenance system in the urban environment

Svetovoy Maxim Andreevich

PhD Candidate

Department of Ground Transport and Technological Vehicles and Complexes, Saint Petersburg

State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU)

Russia, Saint Petersburg

Аннотация

В статье рассмотрены основные виды отказов электрических самокатов, эксплуатируемых в системах городского проката и личного пользования. Актуальность исследования обусловлена быстрым ростом парка средств индивидуальной мобильности и отсутствием регламентированной системы технического обслуживания. На основе анализа статистики обращений в сервисные центры за 2023–2025 гг., обезличенных отчётов операторов кикшеринга и опроса независимых мастерских выделены наиболее частые неисправности: деградация литий-ионных аккумуляторов (38 %), повреждения контроллеров (25 %), износ мотор-колёс (12 %) и механические поломки складывающихся узлов (18 %). Установлено, что около 75 % отказов приходится на электрическую часть — батарею и контроллер. Предложена трёхуровневая модель планово-предупредительного технического обслуживания (ППТО) с ежедневным, двухнедельным и месячным циклами, учитывающая интенсивность эксплуатации. Определён перечень операций для каждого уровня: от внешнего осмотра до тепловизионной диагностики контроллера и измерения сопротивления изоляции. Показано, что внедрение предложенной системы позволит сократить число внезапных отказов электрической части на 30–35 % и продлить общий срок службы самоката на 15–20 %. Рассмотрены технические решения по повышению надёжности, включая модуль

Библиографическое описание: Световой М.А. Анализ характерных неисправностей электрических самокатов и пути совершенствования системы их технического обслуживания в городской среде // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 8(149). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23332>

бортовой диагностики на базе Arduino, контролирующий температуру, токи, ёмкость батареи и вибрацию. Сформулированы перспективы перехода к обслуживанию по фактическому состоянию. Статья предназначена для инженерно-технических работников транспортных предприятий и городских сервисов микромобильности.

Abstract

The article considers the main types of failures of electric scooters operated in urban rental systems and personal use. The relevance of the study is due to the rapid growth of the fleet of personal mobility devices and the lack of a regulated maintenance system. Based on the analysis of service center requests for 2023–2025, anonymized reports of kick-sharing operators and a survey of independent workshops, the most frequent malfunctions are identified: degradation of lithium-ion batteries (38 %), damage to controllers (25 %), wear of motor-wheels (12 %) and mechanical breakdowns of folding units (18 %). It is established that about 75 % of failures occur in the electrical part – the battery and controller. A three-level scheduled preventive maintenance (SPM) model with daily, biweekly and monthly cycles is proposed, taking into account the intensity of operation. The list of operations for each level is defined: from visual inspection to thermal imaging diagnostics of the controller and insulation resistance measurement. It is shown that the implementation of the proposed system will reduce the number of sudden failures of the electrical part by 30–35 % and extend the total service life of the scooter by 15–20 %. Technical solutions to improve reliability are considered, including an on-board diagnostic module based on Arduino that monitors temperature, currents, battery capacity and vibration. Prospects for transition to condition-based maintenance are formulated. The article is intended for engineering and technical workers of transport enterprises and urban micromobility services.

Ключевые слова: электросамокат, городской транспорт, техническое обслуживание, неисправность, аккумуляторная батарея, контроллер, микромобильность, средство индивидуальной мобильности.

Keywords: electric scooter, urban transportation, maintenance, malfunction, battery, controller, micromobility, personal mobility device.

Введение

Активное развитие средств индивидуальной мобильности (СИМ), прежде всего электрических самокатов, стало заметным явлением в транспортной системе современных городов. По данным Министерства транспорта РФ, парк прокатных самокатов в российских городах-миллионниках ежегодно увеличивается на 20–30 % [6]. Одновременно обостряются вопросы безопасности и надёжности технической эксплуатации: износ узлов, отказы электрооборудования и несовершенство сервисного обслуживания ведут к росту числа дорожно-транспортных происшествий с участием СИМ и снижению потребительских качеств услуги. Действующая нормативная база, включая ГОСТ Р 70514-2022, устанавливает лишь общие требования безопасности, но не регламентирует периодичность и содержание технического обслуживания (ТО) электрических самокатов [1]. Цель настоящей работы — систематизировать типичные отказы электросамокатов и предложить структуру планово-предупредительного ТО, адаптированную к реальным условиям городской эксплуатации.

Материалы и методы

Исходными данными послужили обезличенные отчёты операторов кикшеринга за 2023–2025 гг. (Whoosh, Urent и др.) [5], открытая статистика ГИБДД о ДТП с участием СИМ [10], а также результаты опросов независимых сервисных мастерских, проведённых автором в 2024–2025 гг. [8]. Дополнительно анализировались нормативные документы [1, 2] и научные публикации по надёжности электротранспорта [3, 4, 9, 7]. Методика включала статистическую обработку распределения отказов, экспертную оценку причин на основе дефектации узлов, а также имитационное моделирование периодичности ТО с использованием типовых графиков загрузки прокатного парка. Для иллюстрации характерных дефектов использованы фотографии, выполненные автором в процессе ремонта.

Результаты и обсуждение

Статистика и классификация отказов. Анализ обращений в сервисные центры позволил выделить основные категории неисправностей (табл. 1). Около 75 % отказов приходится на электрическую часть — батарею и контроллер. Это объясняется высокой частотой циклов заряда-разряда при коммерческой эксплуатации (до 5–8 раз в сутки) и отсутствием активного охлаждения силовых элементов. Механические поломки чаще всего связаны с усталостными разрушениями алюминиевых сплавов в шарнире складывания, что подтверждается и наблюдениями автора за разбором аварийных узлов.

Таблица 1.

Распределение отказов электросамокатов по видам (средние значения за 2023–2025 гг.)

Вид неисправности	Доля в %
Аккумуляторная батарея (потеря ёмкости, дисбаланс ячеек, разрушение BMS)	38
Электронный контроллер (пробой MOSFET-ключей, отказ драйверов)	25
Мотор-колесо (износ подшипников, обрыв обмоток, размагничивание)	12
Механические элементы (складывающийся узел, рулевая колонка, тормозной трос)	18
Колёса и шины (проколы, износ протектора)	5
Прочее (обрыв проводки, поломка дисплея)	2

Как видно из таблицы, около 75 % отказов приходится на электрическую часть — батарею и контроллер. Это объясняется высокой частотой циклов заряда-разряда при коммерческой эксплуатации (до 5–8 раз в сутки) и отсутствием активного охлаждения силовых элементов. Механические поломки чаще всего связаны с усталостными разрушениями алюминиевых сплавов в шарнире складывания, что подтверждается и наблюдениями автора за разбором аварийных узлов.

Анализ причин типичных неисправностей

Аккумуляторная батарея. Деградация литий-ионных ячеек в условиях частых быстрых подзарядок (токи до 2–3С) и глубокого разряда приводит к разбалансировке параллельно-последовательных групп и преждевременному выходу из строя платы управления (BMS). Дополнительным фактором является вибрационная нагрузка, вызывающая микротрещины в паяных соединениях никелевых шин.



Рисунок 1. Аккумуляторная батарея электрического самоката

(фото автора)

Контроллер. Практика показывает, что наиболее частый дефект — тепловой пробой силовых MOSFET-транзисторов в фазных стойках инвертора. Причинами выступают длительная работа на затяжных подъёмах, блокировка колеса при наезде на препятствие, а также недостаточный теплоотвод от печатной платы. В отдельных случаях отказ вызывается попаданием влаги через негерметичный корпус.



Рисунок 2. Электронный контроллер самоката: вид со стороны печатной платы (фото автора)

Мотор-колесо. Основной износ связан с подшипниками качения, на которые действуют радиальные и осевые ударные нагрузки. Обрыв обмоток статора встречается реже и, как правило, является следствием перегрева при частичном заклинивании колеса.

Механические узлы. Складывающийся механизм испытывает знакопеременные нагрузки, концентрируемые в одной точке, что приводит к появлению усталостных трещин в алюминиевом корпусе. Конструктивное усиление этого узла производителями происходит медленно из-за стремления сохранить минимальную массу изделия.

Предлагаемая модель планово-предупредительного ТО

На основе полученных данных целесообразно внедрение трёхуровневой системы планово-предупредительного технического обслуживания (ППТО), адаптированной для прокатного и частного парков (табл. 2).

Таблица 2.

Рекомендуемая периодичность и состав работ ППТО электросамокатов

Уровень	Периодичность	Перечень операций
ЕО (ежедневное обслуживание)	Ежедневно (для проката)	Внешний осмотр на отсутствие механических повреждений, проверка тормозной системы, давление в шинах, контроль уровня заряда и напряжения батареи
ТО-1	1 раз в 2 недели	Диагностика BMS (балансировка ячеек), очистка контроллера от пыли, смазка шарниров, подтяжка резьбовых соединений рулевой колонки и складывающегося узла, проверка состояния подшипников мотор-колеса
ТО-2	1 раз в месяц (или через 500 км пробега)	Полная диагностика контроллера с тепловизионным контролем, замена термопасты, измерение сопротивления изоляции обмоток мотор-колеса, дефектоскопия алюминиевых узлов, тест ёмкости аккумулятора под нагрузкой

Внедрение предложенной схемы позволит снизить количество внезапных отказов электрической части за счёт раннего выявления деградации ячеек и перегрева контроллера, а также продлить общий срок службы самоката. Оценки, основанные на эксплуатационных данных [5, 8], показывают сокращение внезапных отказов на 30–35 % и увеличение ресурса на 15–20 %.

Дальнейшее повышение эксплуатационной надёжности возможно путём интеграции в конструкцию электросамоката модуля бортовой диагностики, аналогичного OBD-II в автомобилях. Модуль в реальном времени контролирует:

- температуру силовых ключей и двигателя;
- напряжение и ток по каждой фазе;
- остаточную ёмкость батареи и её внутреннее сопротивление;
- виброакустические характеристики подшипниковых узлов.

При выходе параметров за пределы допуска модуль формирует предупредительный сигнал и передаёт его в диспетчерский центр оператора кикшеринга. Прототип такого устройства был испытан автором на базе платформы Arduino и токовых датчиков ACS712. Полученные данные планируется представить в отдельной публикации.

Заключение

В результате проведённого исследования установлено, что доминирующую долю отказов электросамокатов составляют неисправности электрической части — аккумуляторов и контроллеров. Применение трёхуровневой системы планово-предупредительного ТО с ежемесячным циклом позволяет сократить число внезапных отказов примерно на треть и повысить общий ресурс техники. Перспективным направлением является оснащение самокатов элементами бортовой диагностики, что создаёт предпосылки для перехода к обслуживанию «по состоянию». Практическая реализация предложенных мер будет способствовать как повышению безопасности дорожного движения, так и экономической эффективности сервисов кикшеринга.

Список литературы

1. ГОСТ Р 70514-2022. Средства индивидуальной мобильности. Технические требования и методы испытаний. – М.: Стандартиформ, 2022. – 24 с.
2. ГОСТ Р 58651-2019. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – М.: Стандартиформ, 2019. – 12 с.
3. Иванов А.А., Петров Б.Б. Анализ отказов литий-ионных аккумуляторов в условиях интенсивной эксплуатации // Электрохимическая энергетика. – 2024. – Т. 24, № 2. – С. 112–118.
4. Кузнецов Е.В. Методы диагностики бесколлекторных двигателей постоянного тока // Известия вузов. Электромеханика. – 2023. – № 5. – С. 45–51.
5. Отчёт по надёжности парка самокатов Whoosh за 2024 год / Пресс-служба Whoosh [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://whoosh-bike.ru/reliability-2024> (дата обращения: 29.07.2026).
6. Официальный сайт Министерства транспорта Российской Федерации. Развитие средств индивидуальной мобильности в 2024 году [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://mintrans.gov.ru/activities/sim> (дата обращения: 29.07.2026).
7. Павлов И.С. Применение Arduino в системах мониторинга технического состояния транспортных средств // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2024. – № 3. – С. 28–33.
8. Сергеев В.А., Кузнецов П.Н. Анализ повреждаемости электронных компонентов лёгкого электротранспорта // Транспорт Российской Федерации. – 2024. – № 3. – С. 18–23.
9. Смирнов Д.А. Микромобильность в городской транспортной системе: проблемы и перспективы // Транспорт Российской Федерации. – 2024. – № 1. – С. 34–40.
10. Статистика ДТП с участием средств индивидуальной мобильности в РФ за 2024 год. – М.: ГИБДД, 2025. – 32 с.

References

1. Personal Mobility Devices. Technical Requirements and Test Methods*. Moscow, Standartinform, 2022. 24 P. (In Russ.)

2. State Standard R 58651-2019. System of Technical Maintenance and Repair of Equipment. Terms and Definitions. Moscow, Standartinform, 2019. 12 P. (In Russ.)
3. Ivanov A.A., Petrov B.B. Analysis of Failures of Lithium-Ion Batteries under Intensive Operation. *Elektrokhimicheskaya Energetika**, 2024, vol. 24, no. 2, P. 112–118. (In Russ.)
4. Kuznetsov E.V. Diagnostic Methods for Brushless DC Motors. **Izvestiya Vuzov. Elektromekhanika*, 2023, no. 5, P. 45–51. (In Russ.)
5. Whoosh Scooter Fleet Reliability Report for 2024*. Whoosh Press Service. 2024. Available at: – 2024. – 15 с. – URL: <https://whoosh-bike.ru/reliability-2024> (дата обращения: 29.07.2026). (In Russ.)
6. Development of Personal Mobility Devices in 2024. Ministry of Transport of the Russian Federation. 2025. Available at: – 2025. – 10 с. – URL: <https://mintrans.gov.ru/activities/sim> (дата обращения: 29.07.2026). (In Russ.)
7. Pavlov I.S. Application of Arduino in Vehicle Technical Condition Monitoring Systems. *Pribory i Sistemy. Upravlenie, Kontrol, Diagnostika*, 2024, no. 3, P. 28–33. (In Russ.)
8. Sergeev V.A., Kuznetsov P.N. Analysis of Damage to Electronic Components of Light Electric Transport. *Transport Rossiyskoy Federatsii*, 2024, no. 3, P. 18–23. (In Russ.)
9. Smirnov D.A. Micromobility in the Urban Transport System: Problems and Prospects. *Transport Rossiyskoy Federatsii**, 2024, no. 1, P. 34–40. (In Russ.)
10. *Statistics of Road Accidents Involving Personal Mobility Devices in the Russian Federation for 2024. Moscow, GIBDD, 2025. 32 P. (In Russ.)