

О. С. Веригин, А. А. Зарифьян

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИКИ КОЛЕСНО-МОТОРНЫХ БЛОКОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПРИМЕНительно К УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Аннотация. Представлена обзорная информация по отказам и неисправностям колесных пар магистральных электровозов, на которые могут повлиять электромеханические переходные процессы в виде броском момента тяговых двигателей. Кратко рассмотрено современное состояние научной проработки данного вопроса. Определена актуальность исследований.

Ключевые слова: переходный процесс, магистральный электровоз, колесная пара, бандаж, шестерня, большое зубчатое колесо, тяговый электропривод.

Для цитирования: Веригин, О. С. Перспективные направления исследований динамики колесно-моторных блоков магистральных электровозов применительно к увеличению продолжительности жизненного цикла / О. С. Веригин, А. А. Зарифьян // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 4. – С. 91–96. – DOI 10.46973/1818-5509_2025_4_91.

1. Введение

В настоящее время происходит интенсивное увеличение грузопотоков в азиатско-тихоокеанском регионе нашей страны. Задача обеспечения пропускной способности возрастающего грузопотока в данном регионе сформулирована в Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года [1] и является предметом научных изысканий многих российских исследователей [2 – 5].

Основными направлениями научных исследований и опытно-конструкторских разработок в указанных работах являются:

- повышение пропускной способности железнодорожных магистралей;
- оптимизация перемещения грузов с точки зрения логистики.

Также рассматриваются особенности тяжеловесного движения по железнодорожным магистралям, т. е. вождения поездов весом более 7 тысяч тонн.

Ряд крупных исследований посвящен повышению надежности железнодорожного тягового и нетягового подвижного состава. В данных исследованиях рассматриваются повышение эффективности технического обслуживания подвижного состава и поиск новых подходов к конструированию [6 – 8].

2. Отказы механической части колесно-моторных блоков.

В публикациях [9 – 12] проводится статистическое обоснование и исследование отказа колес электровоза ЗЭС5К в виде ослабления натяга и проворота бандажа на колесном центре. По результатам исследования установлено, что данное явление в значительной степени зависит от режима ведения поезда, имеет электромеханическую природу и к провороту бандажа могут привести броски момента тягового двигателя, вызванные внешними нестационарными воздействиями. В качестве внешних нестационарных воздействий в указанных работах рассматриваются: резкое задание тяги, кратковременный отрыв токоприемника от контактного провода, броски напряжения в контактной сети и срывы колесной пары в боксование с последующим восстановлением сцепления колес с рельсами.

Передача крутящего момента от тягового двигателя к колесам происходит через тяговую механическую передачу, представляющую собой систему вращающихся тел. Конструктивно, помимо бандажей, в составе колесно-моторного блока имеется еще ряд элементов, установка которых осуществляется способом соединения с гарантированным

натягом. Речь идет о соединении колесного центра с осью колесной пары, большого зубчатого колеса со ступицей колесного центра и шестерни тягового редуктора с хвостовиком вала тягового двигателя.

Данные по статистике отказов колесно-моторных блоков в соответствии с информацией от электровазоремонтных заводов и сервисных локомотивных депо приведены в таблице. Здесь, также, приведен ряд неисправностей элементов колесной пары, причинами которых тоже являются высокие динамические нагрузки, обусловленные условиями работы электровазоза.

Таблица

Отказы элементов колесно-моторных блоков магистральных электровазозов

№	Вид отказа	Серия электровазоза	Депо приписки
1	Ослабление и сползание малой шестерни с вала тягового двигателя	2,3,4ЭС5К	Хабаровск, Чита, Белогорск, Улан-Уде, Каргалы
2	Ослабление натяга и смещение колесного центра на оси колесной пары	3ЭС4К	Туапсе
3	Смещение большого зубчатого колеса со ступицы колесной пары	3ЭС5К	Хабаровск, Вихоревка
4	Трещины или разрывы в спицах колесных центров	2,3ЭС5К	ДВЖД
5	Трещины по телу большого зубчатого колеса	3,4ЭС5К	Вихоревка, Смоляниново
6	Повышенный износ и изломы зубьев в тяговом редукторе	2,3ЭС5К	Хабаровск, Чита, Вихоревка



а)



б)

Рис. 1. Отказы тяговой передачи электровазоза 3ЭС5К приписки депо г. Хабаровск



а)



б)

Рис. 2. Отказы тяговой передачи и колеса электровоза ЗЭС5К приписки депо г. Хабаровск

Наиболее массовыми из представленных в таблице отказов являются смещения (спрессовки) малой шестерни с вала тягового двигателя (см. рис. 1, а). Проблема часто обусловлена такими причинами, как отсутствие смазки или некачественная установка шестерни. Немало случаев спрессовки малой шестерни обусловлены высокими динамическими нагрузками: продольно-динамические реакции поезда, ударные нагрузки при бросках момента. Последствиями спрессовки шестерни является: заклинивание колесно-моторного блока и необходимость его замены в составе электровоза. Нередкими являются отказы в виде повышенного износа и изломов зубьев в тяговом редукторе (см. рис. 1, б, рис. 2, а) и трещин и разрывов в спицах колесных центров (см. рис. 2, б). Исследованиям данного типа отказов посвящен ряд научных работ, в которых рассматривается статическая постановка задачи с применением метода конечных элементов.

Значительно менее массовыми, вплоть до единичных, являются отказы колесно-моторных блоков в виде смещений колесного центра на оси колесной пары и смещение зубчатого колеса со ступицы колесного центра. Не смотря на более редкие проявления указанных отказов, в данных случаях также требуется ремонт электровоза в виде замены колесно-моторного блока. Данная проблематика для магистральных электровозов в научной литературе практически не освещается.

Причины возникновения рассмотренных отказов могут быть технологического характера (качество и технология изготовления деталей, сборки колесно-моторного блока и технического обслуживания в ходе жизненного цикла). Однако, значительное влияние на возникновение данных отказов могут оказывать и факторы, связанные с режимом ведения поезда и работой тягового электропривода.

Заключение.

Как видно из выполненного обзора, помимо проворотов бандажей колесных пар, в работе колесно-моторного блока электровоза существует еще ряд отказов, связанных с нарушением фрикционного соединения элементов конструкции. Данные отказы имеют различную частоту проявления, но могут привести к серьезным последствиям как с точки зрения рентабельности перевозок и своевременности доставки груза, так и с точки зрения безопасности.

В контексте факта приближения значений тяговых усилий, реализуемых современными локомотивами, к пределу несущей способности соединения колесного центра и бандажа

можно спрогнозировать увеличение количества отказов такого рода и в других механических узлах колесно-моторного блока.

В результате выполненного обзора отказов в узлах колесно-моторного блока на примере различных серий электропоездов очевидно, что перспективным и актуальным с точки зрения повышения надежности перевозок является исследование процессов силового взаимодействия во всем тяговом тракте. Комплексное исследование влияния электромеханических переходных процессов в совокупности с другими воздействиями позволит установить значения динамических нагрузок во фрикционных соединениях и определить режимы ведения поезда, для которых характерны те или иные отказы элементов колесно-моторного блока.

Список литературы

1. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 г.: утр. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. №3363-р.
2. **Сирина Н. Ф., Раевская П. Е.** Выбор оптимального варианта формирования и регулирования соединенных поездов // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2024. №1(61) С. 53 – 61.
3. **Эсаулов В. А., Мединцев Е. В.** О развитии тяжеловесного движения на восточном полигоне // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2025. №1(42). С. 119 – 123.
4. **Левин, Д. Ю.** Логистика перевозочного процесса железных дорог // Транспорт Российской Федерации. № 1-2 (92-93). С. 21-27.
5. **Козлов П. А., Колокольников В. С., Трушин Н. А.** Моделирование международных транспортных коридоров // Транспорт Российской Федерации. 2023. №1-2 (104-105). С. 32 – 37.
6. **Каимов Е. В., Оленцевич А. А.** Усиление пропускных мощностей Восточного полигона за счет увеличения количества длинносоставных поездов // Управление эксплуатационной работой на транспорте (УЭРТ-2024): сборник трудов II Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 15 – 16 октября 2024 г. Санкт-Петербург: Изд-во ПГУПС, 2024. С. 44 – 47.
7. **Фрибус, А. А.** О влиянии пропуска поездов повышенной массы и длины на технологические и конструктивные параметры приемоотправочных парков

References

1. Transport Strategy of the Russian Federation for the Period up to 2030 with a Forecast for the Period up to 2035: morning. By Order of the Government of the Russian Federation of November 27, 2021 No. 3363-r.
2. **Sirina N. F., Raevskaya P. E.** Selection of the optimal option for the formation and regulation of connected trains // Bulletin of the Ural State Transport University. 2024. No. 1 (61) pp. 53 – 61.
3. **Esaulov V. A., Medintsev E. V.** On the development of heavy-haul traffic on the eastern range // Transport of the Asia-Pacific Region. 2025. No. 1 (42). P. 119 – 123.
4. **Levin, D. Yu.** Logistics of the transportation process of railways // Transport of the Russian Federation. No. 1-2 (92-93). P. 21-27.
5. **Kozlov P. A., Kolokolnikov V. S., Trushin N. A.** Modeling of international transport corridors // Transport of the Russian Federation. 2023. No. 1-2 (104-105). P. 32 – 37.
6. **Kaimov E. V., Olentsevich A. A.** Strengthening the throughput capacity of the Eastern Polygon by increasing the number of long-trains // Management of operational work in transport (UERT-2024): collection of works of the II International scientific and practical conference, St. Petersburg, October 15-16, 2024. St. Petersburg: Publishing house of PGUPS, 2024. pp. 44-47
7. **Fribus, A. A.** On the influence of the passage of trains of increased mass and length on the technological and design parameters of receiving and departure yards of railway

железнодорожных станций // Наука и молодежь XXI века: материалы Регионального форума. Новосибирск, 13 – 23 ноября 2023 г. В 2 ч. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2024. С 17 – 21.

8. **Космодамианский А. С., Воробьев В. И., Измеров О. В., Карпов А. Е.** Техническая инновационика и ее применение в транспортном машиностроении // Известия Транссиба. – 2024. – №3(59). – С. 21 – 32.

9. **Веригин О. С., Зарифьян А. А.** Анализ статистики проворотов бандажей колесных пар магистральных электровозов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – №4. – С. 49 – 54.

10. **Веригин О. С., Зарифьян А. А., Плис В. И.** Исследование электромеханических процессов в тяговом приводе магистрального грузового электровоза переменного тока с учетом влияния контактной сети // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – №4(84). – С. 44 – 55.

11. **Веригин О. С., Зарифьян А. А.** Анализ причин, влияющих на надежность колесных пар магистральных грузовых электровозов // ELTRANS-2023. Электрификация и электрическая тяга: цифровая трансформация железнодорожного транспорта: сборник трудов XI Международного симпозиума. – Санкт-Петербург, 31 мая – 2 июня 2023 года, с. 108 – 115.

12. **Веригин, О. С.** Влияние электромеханических процессов в тяговом электроприводе магистрального электровоза переменного тока на надежность и долговечность колесных пар: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Веригин Олег Сергеевич. Ростов-на-Дону, 2024, 138 с.

stations // Science and youth of the 21st century: materials of the Regional Forum. Novosibirsk, November 13–23, 2023. In 2 parts. Novosibirsk: Publishing house of SUSPS, 2024. P. 17–21.

8. **Kosmodamiansky A. S., Vorobyov V. I., Izmerov O. V., Karpov A. E.** Technical innovation and its application in transport engineering // Izvestiya Transsib. - 2024. - No. 3 (59). - P. 21 - 32.

9. **Verigin O. S., Zarifyan A. A.** Analysis of statistics of wheel tread rotations on mainline electric locomotives // Bulletin of the Rostov State Transport University. - 2019. - No. 4. - P. 49 - 54.

10. Verigin O. S., Zarifyan A. A., Plis V. I. Study of electromechanical processes in the traction drive of a mainline AC freight electric locomotive taking into account the influence of the contact network // Bulletin of the Rostov State Transport University. - 2021. - No. 4 (84). - P. 44 - 55.

11. Verigin O. S., Zarifyan A. A. Analysis of factors affecting the reliability of wheelsets of mainline freight electric locomotives // ELTRANS-2023. Electrification and electric traction: digital transformation of rail transport: collection of proceedings of the XI International Symposium. - St. Petersburg, May 31 - June 2, 2023, P. 108 - 115.

12. Verigin, O. S. The influence of electromechanical processes in the traction electric drive of an AC mainline electric locomotive on the reliability and durability of wheelsets: dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Verigin Oleg Sergeevich. Rostov-on-Don, 2024, 138 p.

O. S. Verigin, A. A. Zarifyan

PROMISING AREAS OF RESEARCH ON THE DYNAMICS OF WHEEL-MOTOR BLOCKS OF MAIN ELECTRIC LOCOMOTIVES IN RELATION TO INCREASING THE LIFE CYCLE

Abstract. Overview information on failures and malfunctions of wheelsets of main electric locomotives, which may be affected by electromechanical transients in the

form of torque of traction engines, is presented. The current state of scientific study of this issue is briefly considered. The relevance of research has been determined.

Keywords: transient process, main electric locomotive, wheelset, bandage, gear, large gear wheel, traction electric drive.

For citation: Verigin, O. S. Promising Areas of Research on the Dynamics of Wheel-Motor Blocks of Main Electric Locomotives in Relation to Increasing the Life Cycle / O. S. Verigin, A. A. Zarifyan // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. – 2025. – № 4. – P. 91–96. – DOI 10.46973/1818-5509_2025_4_91.

Сведения об авторах

Веригин Олег Сергеевич

Южно-Российский государственный
политехнический университет им. М. И.
Платова (ЮРГПУ (НПИ)),
кафедра «Электроснабжение и
электропривод»,
кандидат технических наук,
старший преподаватель,
e-mail: fta09@bk.ru

Зарифьян Александр Александрович

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: zarifian_aa@mail.ru

Information about the authors

Verigin Oleg Sergeevich

South Russian State Polytechnic University
named M. I. Platov (YRSPU (NPI)),
Chair «Power Supply and Electric Drive»,
Candidate of Technical Sciences,
Senior Lecturer,
e-mail: fta09@bk.ru

Zarifyan Alexander Alexandrovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Doctor of Technical Sciences,
Professor,
e-mail: zarifian_aa@mail.ru