

**ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ,
ТЯГА ПОЕЗДОВ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ**

УДК 629.423.004.69+06

DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_96

*И.В. Больших, К.А. Гайворонская***МОДЕРНИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННОГО РОССИЙСКОГО ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ЭПЗД В
ЧАСТИ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОПОРНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ СУХИХ
СГЛАЖИВАЮЩИХ РЕАКТОРОВ**

Аннотация. В статье выполнен анализ электропоездов, эксплуатируемых на сети Северо-Кавказской железной дороги. Основное внимание уделено особенностям конструкции электропоезда ЭПЗД. Рассмотрена конструкция, назначение и особенности работы сглаживающих реакторов РСС. Установлена основная причина акустического дискомфорта – недостаточная эффективность штатных резиновых амортизаторов. Предложен вариант снижения шума и вибрации от сухих сглаживающих реакторов РСС на электропоезде ЭПЗД путём замены штатных резинометаллических амортизаторов на комбинированное из вибропоглощающего покрытия.

Ключевые слова: современные электропоезда, сухие сглаживающие реакторы, виброизоляторы, повышенный шум, вибропоглощающий материал.

Для цитирования: Больших, И. В. Модернизация современного Российского электропоезда ЭПЗД в части улучшения характеристик опорных изоляторов сухих сглаживающих реакторов / И. В. Больших, К. А. Гайворонская // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 96–101. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_96.

Железнодорожная сеть России остаётся главной для массовых пассажирских перевозок – и в городах, и на дальних маршрутах. Основная нагрузка в пригородных перевозках ложится на моторвагонный подвижной состав. Эти поезда работают каждый день в разных климатических зонах на разных маршрутах. Миллионы людей пользуются электричками, и от того, насколько техника надёжна и комфортна, зависит мобильность населения.

За последние двадцать лет пригородные перевозки сильно изменились. Старые советские модели постепенно уходят – их заменяют современные составы: ЭПЗД, ЭП2Д, а также скоростные электропоезда. С целью повышения тягово-энергетических показателей в новой технике применяются асинхронный тяговый привод, микропроцессорное управление, рекуперативное торможение, что также позволяет обеспечить экономию энергии, снижения затрат на ремонт и повышение комфорта пассажиров. Переход на новую технику выявил и слабые места, такие как отказы силового оборудования, быстрый износ колёс, сбои электроники. Всё это требует тщательной проработки и внимания со стороны представителей моторвагонных депо и заводов. Одним из основных путей решения возникающих проблем является детальный разбор конструкции современных электропоездов и поиск реальных дефектов, которые возникают в эксплуатации.

Современные электропоезда стали важным элементом транспортной системы страны, обеспечивающим эффективные пассажирские перевозки в пригородном и городском сообщении. По уровню комфорта и безопасности электропоезда вышли на современный уровень: оснащены климат-контролем и системами обеззараживания воздуха, крэш-системами в кабинах машиниста, информационными табло, Wi-Fi, USB-розетками и беспроводными зарядками. Особое внимание уделено доступности для маломобильных групп

населения – предусмотрены пандусы, подъёмники, специальные места для колясок, тактильная разметка и аудиооповещение. Широкие двери и сквозные проходы между вагонами ускоряют посадку и высадку, повышая пропускную способность.

Существенный прогресс достигнут в энергоэффективности и экологичности. За счёт рекуперативного торможения и энергосберегающего оборудования ЭПЗД экономят до 20 % электроэнергии. Оптимизация аэродинамики кузовов дополнительно уменьшает энергопотребление и уровень шума.

Эксплуатационные характеристики адаптированы к российским условиям: поезда работают в широком диапазоне температур от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$, оснащены системами подогрева входных зон и антикоррозийной защитой. Гибкая составность (от 4 до 12 вагонов) позволяет настраивать вместимость под спрос.

В процессе написания статьи был выполнен глубокий анализ электропоездов, эксплуатируемых на Северо-Кавказской железной дороге. Основное внимание уделено электропоезду ЭПЗД, как одному из современных и перспективных, предназначенных для пригородного сообщения. Рассмотрены его конструктивные особенности, в частности одна из конкретных проблем – повышенный шум от сухих сглаживающих реакторов (РСС). Предложен вариант её решения через замену штатных резинометаллических амортизаторов на более современное с применением полимерного вибропоглощающего материала.

Электропоезд ЭПЗД сделан для линий переменного тока 25 кВ, 50 Гц, колея 1520 мм. Длина маршрута – до 200 км. Может работать как с высокими, так и с низкими платформами.

Головные вагоны оборудованы экологически чистыми туалетными комплексами «Экотол-ЭП», доступными для пользования инвалидами в коляске с сигнализацией машинисту о посадке – высадке инвалидов. Туалетные комплексы производства ООО НПП «Циркон Сервис».

В вагоне предусмотрено также место для размещения инвалида в коляске, в передних тамбурах головных вагонов установлены аппарели и подъёмники для посадки (высадки) инвалидов в коляске с низких платформ (в переднем тамбуре).

Основная составность электропоезда 8 вагонов – 2 головных (Г), 4 моторных (М), 2 немоторных (Н) [1] по схеме /Г+М+/Н+М+/М+Н+/М+Г/.

При функционировании электрического тягового подвижного состава приоритетное значение имеет безотказность силовых агрегатов, работающих в тяжёлых условиях. К числу наиболее ответственных компонентов, определяющих устойчивость тяги и долговечность двигателей, относятся устройства для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения. Их роль заключается в фильтрации колебаний тока, что критически важно для качества коммутационных процессов в тяговых электродвигателях. В конструкции современной электрички ЭПЗД задействован вариант сухого сглаживающего реактора (РСС) [2,3], смонтированного непосредственно на крыше моторного вагона (рис. 1). Внешне данные узлы представляют собой прямоугольные кожухи зелёного цвета, закреплённые в верхней части кузова. Однако данное инженерное решение, несмотря на ряд преимуществ, стало источником специфических трудностей в обслуживании, о которых пойдёт речь ниже [4].

РСС (реактор сглаживающий сухой) – ключевой элемент силовой цепи моторного вагона. Его основная задача:

- сглаживать пульсации выпрямленного тока в цепи тяговых двигателей;
- снижать уровень высших гармоник до 5–10% [5];
- обеспечивать стабильную работу двигателей без вибраций и перегрева;
- защищать изоляцию обмоток двигателей от пробоя;
- уменьшать электромагнитные помехи в бортовой сети.

Реактор включается последовательно с тяговым двигателем и выпрямителем через него проходит весь ток нагрузки.



Рис. 1. Сухой сглаживающий реактор РСС:

1 – рым-болты; 2 – кожух; 3 – магнитопровод; 4 – фарфоровые изоляторы;
5 – виброизоляторы.

Крепление имеют следующие особенности:

- жёсткая фиксация к раме крыши вагона;
- виброизоляторы (резиновые подушки) [6,7] (рис. 2) для снижения передачи вибраций на кузов.



Рис. 2. Виброизолятор АКСС-120И

За последние годы при переходе к компактным виброизоляторам внесены следующие изменения:

- снижены габариты и металлоёмкость узлов крепления;
- уменьшена высота виброопор;
- ужесточены требования к унификации крепёжных элементов;
- внедрены современные резинометаллические и полиуретановые материалы. Однако с точки зрения виброакустического комфорта данная модернизация привела к обратному

эффекту.

При сохранении несущей способности уменьшение высоты виброизолятора требует повышения его жёсткости. Увеличение жёсткости приводит к повышению собственной частоты системы «реактор – опора».

Старые виброизоляторы эффективно гасили вибрации в диапазоне 20–40 Гц (основные возмущения от движения поезда) и изготавливались из массивной технической резины с высокой вязкостью, которая эффективно гасила высокочастотные колебания за счёт внутреннего трения. Новые компактные опоры смещают эффективное гашение в диапазон 50–80 Гц и выше, оставляя низкочастотную составляющую практически без ослабления.

Современные резины с улучшенной стойкостью к маслу, озону и температурам обладают меньшими демпфирующими свойствами в диапазоне 100–300 Гц, что ухудшает гашение именно магнитного гула реактора. В таблице представлены эксплуатационные и химические свойства резины.

Таблица

Эксплуатационных и химических свойств резины

Характеристика	Резина (общего назначения)
Стойкость к маслам и топливу	Ограниченная. NBR стоек к минеральным маслам, но нестойк к тормозным жидкостям на основе гликоля, концентрированным кислотам и щелочам. Техническая резина не допускает попадания бензина и масел.
Рабочие температуры	Диапазон: от -30...-45°C до +50...+80°C. Морозостойкость по эластичному восстановлению после сжатия при -50°C: коэффициент 0,2. При -40°C значительно теряет эластичность.
Демпфирование (гашение вибраций)	Хорошее, но зависит от типа.
Прочность на сжатие	Предел прочности при разрыве: ~115 кгс/см ² (12,7 МПа). Прочность на разрыв: ~115 кг/см ² .
Стойкость к маслам и топливу	Ограниченная. NBR стоек к минеральным маслам, но нестойк к тормозным жидкостям на основе гликоля, концентрированным кислотам и щелочам. Техническая резина не допускает попадания бензина и масел.
Рабочие температуры	Диапазон: от -30...-45°C до +50...+80°C. Морозостойкость по эластичному восстановлению после сжатия при -50°C: коэффициент 0,2. При -40°C значительно теряет эластичность.

При использовании компактных виброизоляторов с повышенной жёсткостью возрастает вероятность совпадения собственной частоты системы с частотами вынуждающих сил (100 Гц, 300 Гц). При наступлении резонанса уровень вибрации и шума возрастает в 3–5 раз даже при сохранении целостности конструкции. В старых системах с низкой собственной частотой (15–25 Гц) резонанс с рабочими гармониками практически исключался.

Одна из эксплуатационных особенностей состава ЭПЗД, в том числе используемого на полигоне Северо-Кавказской магистрали, связана с акустическим и вибрационным воздействием упомянутых реакторов на пассажиров салона. Природа явления кроется в функционировании оборудования в режимах набора скорости или рекуперативного торможения. Протекание рабочего тока сквозь витки индуцирует переменное магнитное поле, провоцирующее вибрацию металлических частей. Это вызывает низкочастотный гул в вагоне, способный не только снижать субъективный уровень удобства поездки, но и в ряде случаев приближаться к предельно допустимым значениям санитарных нормативов по шуму.

Анализируя полученные результаты, можно прийти к выводу, необходимо рассмотреть применение современных полимерных материалов для решения данной проблематики. Научные исследования подтверждают явные преимущества рассматриваемых материалов для использования в системах виброизоляции на транспорте. Одними из наиболее перспективных являются комбинированные вибропоглощающие покрытие, которое состоит из нескольких слоёв:

- нижний первый слой – мягкая полимерная бутил-каучуковая композиция постоянной липкости, которая несёт в себе функцию монтажного слоя и является приёмником вибраций от обрабатываемой поверхности;

- полимерная битумная композиция повышенной плотности, которая отвечает за первый уровень поглощения энергии вибраций;

- третий слой материала – полимерная бутил-каучуковая композиция. Обеспечивает второй уровень поглощения энергии вибрации;

- четвертый слой – алюминиевая фольга, которая имеет определенную степень жесткости, чего добиваются степенью отжига и толщиной фольги.

Ожидаемый эффект от замены резиноталлических виброизоляторов на новые с применением комбинированного полимерного материала:

- снижение передачи вибрации от реактора на кузов;
- уменьшение структурного шума в тамбурах и салонах на 10–15%;
- повышение комфорта пассажироперевозок;
- стабильная виброизоляция в течение многих лет, сокращение частоты замен и эксплуатационных затрат.

Список литературы

1. Электропоезд пригородный ЭПЗД. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Книга 1. Общие сведения. Механическая часть. – ДМЗ, 2015.
2. 382.00.00.000 РЭ Руководство по эксплуатации. Электропоезд ЭПЗД. Модель 62-382. – Демихово : АО «Демиховский машиностроительный завод».
3. Дайлидко, А. А. Конструкция электровозов и электропоездов: учебное пособие / А. А. Дайлидко, Ю. Н. Ветров, А. Г. Брагин. – Москва: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2014. – 348 с.
4. Тишков, А. Н. Вибрация и шум электрических машин : монография / А. Н. Тишков. – Новосибирск: Издательство НГТУ, 2018. – 164 с.
5. Ермоленко, Д. В. Показатели электромагнитной совместимости и методы ее обеспечения в системе электрической тяги переменного тока / Д. В. Ермоленко, А. Н. Савоськин // Инновационный транспорт. – 2021. – № 2 (40). – С. 34–39.

References

1. Suburban electric train EP3D. Technical description and operating instructions. Book 1. General information. Mechanical part. – Demikhovo Machine-Building Plant, 2015.
2. 382.00.00.000 RE Operating instructions. Electric train EP3D. Model 62-382. – Demikhovo : Demikhovo Machine-Building Plant, JSC.
3. Dailidko, A. A. Design of Electric Locomotives and Electric Trains: Textbook / A. A. Dailidko, Yu. N. Vetrov, A. G. Bragin. – Moscow: Educational and Methodological Center for Education in Railway Transport, 2014. – 348 p.
4. Tishkov, A. N. Vibration and Noise of Electrical Machines: Monograph / A. N. Tishkov. – Novosibirsk: NSTU Publishing House, 2018. – 164 p.
5. Ermolenko, D. V. Electromagnetic compatibility indicators and methods of its provision in the system of electric traction of alternating current / D. V. Ermolenko, A. N. Savoskin // Innovative transport. – 2021. – No. 2 (40). – Pp. 34–39.

6. ГОСТ 17053.1-80. Амортизаторы корабельные АКСС-М. Технические условия. – Введ. 1982-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1980.
7. ТУ 38.1051953-90. Амортизаторы резинометаллические АКСС-И. – Введ. 1991-01-17.

6. GOST 17053.1-80. Ship shock absorbers AKSS-M. Technical conditions. – Introduced on 1982-01-01. – Moscow: Publishing House of Standards, 1980.
7. TU 38.1051953-90. Rubber-metal shock absorbers AKSS-I. – Introduced. 1991-01-17.

I.V. Bol'shikh, K.A. Gayvoronskaya

MODERNIZATION OF THE MODERN RUSSIAN ELECTRIC TRAIN EP3D TO IMPROVE THE CHARACTERISTICS OF THE SUPPORT ISOLATORS OF THE DRY SMOOTHING REACTORS

Abstract. The article analyzes electric trains operated on the North Caucasus Railway network. The main focus is on the design features of the EP3D electric train. The article examines the design, purpose, and operation of the RCC smoothing reactors. The main cause of acoustic discomfort is identified as the insufficient effectiveness of the standard rubber shock absorbers. The article proposes a solution to reduce noise and vibration from the RCC dry smoothing reactors on the EP3D electric train by replacing the standard rubber-metal shock absorbers with a combined vibration-absorbing coating.

Keywords: modern electric trains, dry smoothing reactors, vibration isolators, increased noise, and vibration-absorbing material.

For citation: Bol'shikh, I. V. Modernization of the Modern Russian Electric Train EP3D to Improve the Characteristics of the Support Isolators of the Dry Smoothing Reactors / I. V. Bol'shikh, K. A. Gayvoronskaya // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 96–101. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_96.

Сведения об авторах

Больших Иван Валерьевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: ivan.bolshih@yandex.ru

Гайворонская Ксения Александровна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
студент,
e-mail: ksyugaivoronskaya@gmail.com

Information about the authors

Bol'shikh Ivan Valeryevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: ivan.bolshih@yandex.ru

Gayvoronskaya Xenia Alexandrovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Student,
e-mail: ksyugaivoronskaya@gmail.com