

УДК 621.33

## Совершенствование кожуха зубчатых передач для электроподвижного состава безэкипировочного применения

Д. А. Колотай<sup>1</sup>, Е. В. Опарина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> АО «Трансмашхолдинг», Россия, 119048, Москва, ул. Ефремова, 10, офис 1003

<sup>2</sup> Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

**Для цитирования:** Колотай Д. А., Опарина Е. В. Совершенствование кожуха зубчатых передач для электроподвижного состава безэкипировочного применения // Бюллетень результатов научных исследований. 2026. Вып. 1. С. 34–44. DOI: 10.20295/2223-9987-2026-1-34-44

### Аннотация

**Цель:** увеличить эксплуатационные показатели кожухов зубчатой передачи локомотивов, устранить потери смазочных материалов при эксплуатации подвижного состава. **Методы:** проведен анализ повреждений кожухов зубчатой передачи локомотивов, обозначены причины повреждений кожухов зубчатой передачи. Проведен анализ существующих конструкций кожухов с точки зрения надежности, прочности и жесткости конструкции. **Результаты:** предложены конструктивные решения для кожуха зубчатой передачи, позволяющие повысить его прочность, жесткость и долговечность, а также экономию смазочных материалов. **Практическая значимость:** заключается в увеличении пробега локомотивов без экипировки колесно-моторных блоков. Обозначена экологическая необходимость применения усовершенствованного кожуха зубчатых передач.

**Ключевые слова:** кожух зубчатой передачи, смазочные материалы, конструктивные решения

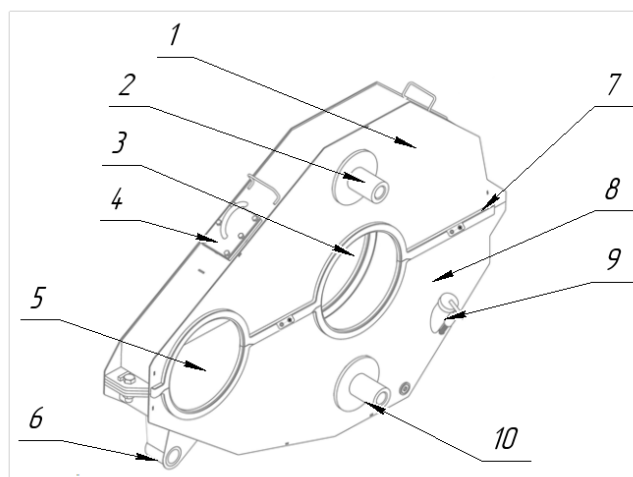
### Введение

На электровозах и тепловозах применяются одноступенчатые одно- и двухсторонние тяговые редукторы для преобразования и передачи вращающего момента от тяговых электродвигателей (ТЭД) к колесным парам. Надежная работа этой конструкции важна для обеспечения безопасности движения поездов [1].

С целью защиты от внешних воздействий, а также для обеспечения смазки зубьев зубчатая передача помещается в относительно легкие металлические кожухи, сваренные из тонколистовой стали и заполненные редукторной осерненной смазкой.

Кожух зубчатой передачи (КЗП) состоит из двух частей (половин), охватывающих вал тягового двигателя и ось колесной пары. Верхняя и нижняя половины кожуха крепятся к остову тягового двигателя через бобышки крепления (рис. 1, позиции 2, 10). Дополнительно крепление половин происходит через соединительные болты сочленения (рис. 1, позиция 7). Между половинами кожуха имеется пропитанное парафином войлочное уплотнение, которое предотвращает вытекание смазки из кожуха по стыку половин, а также в местах посадки вала тягового двигателя и оси колесной пары [1, 2].

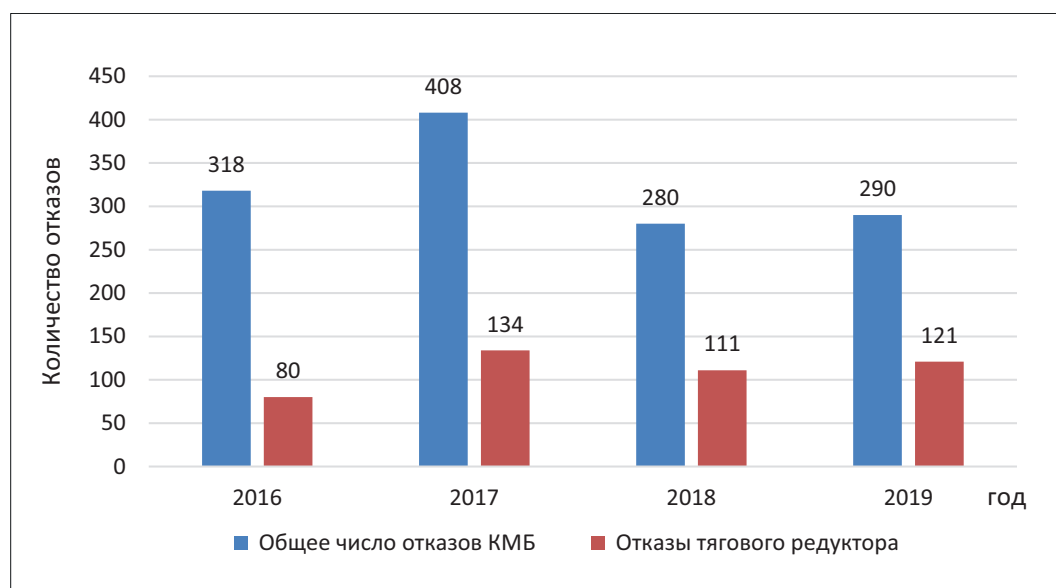
Существующие конструкции кожухов зубчатых передач, применяемые в настоящее время на железнодорожном транспорте и разработанные отечественными конструкторскими организациями, не претерпели существенных изменений за многие годы (рис. 1).



**Рис. 1.** Кожух зубчатой передачи:

1, 8 — верхняя и нижняя половины; 2, 10 — бобышки крепления; 3 — посадочное место оси колесной пары; 4 — трубка сапун; 5 — посадочное место вала ТЭД; 6 — втулка болта подвески КЗП; 7 — болты сочленения; 9 — заправочная горловина

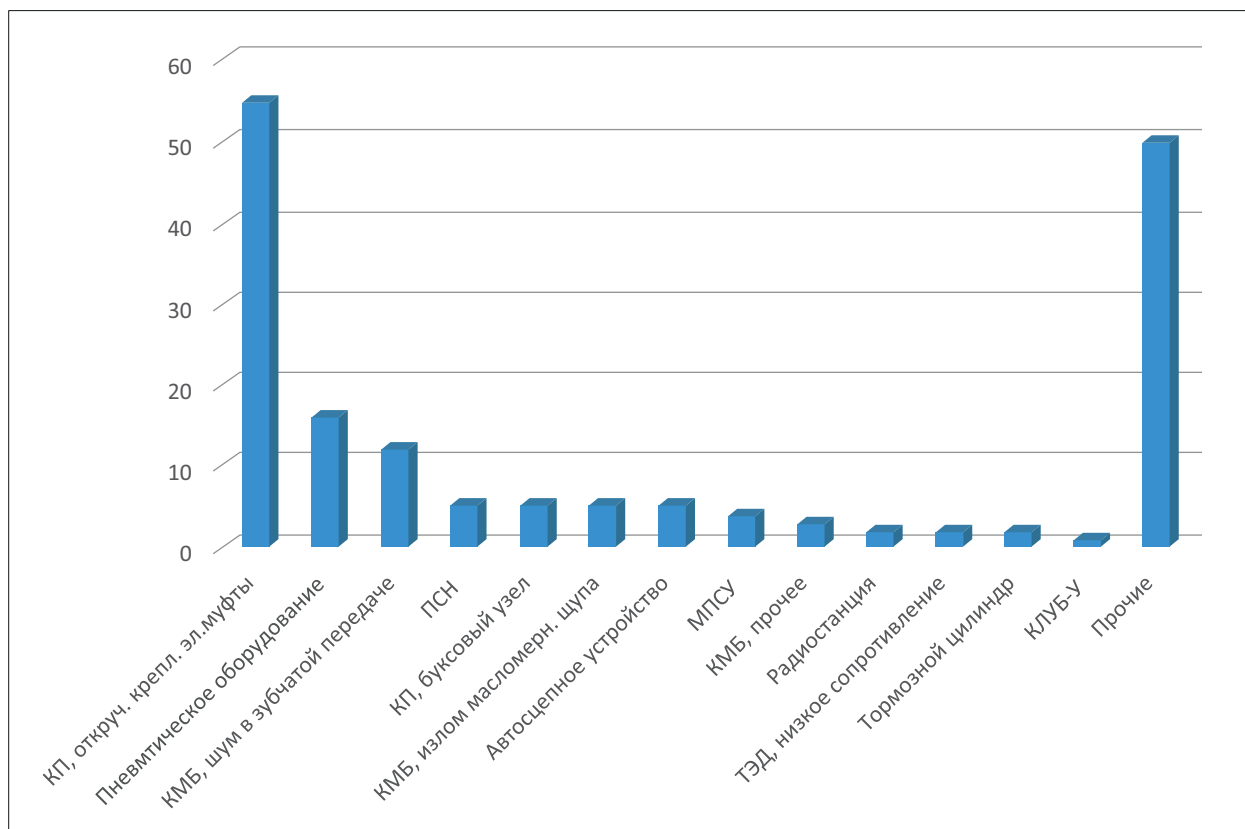
В работе [3] приведена статистика отказов узлов колесно-моторного блока тягового подвижного состава, эксплуатируемого на Северо-Кавказской железной дороге за период 2016–2019 годов (рис. 2).



**Рис. 2.** Статистика отказов колесно-моторных блоков электровозов на СКЖД за период 2016–2019 годов

Из рис. 2 следует, что от 25 до 42 % общего числа отказов колесно-моторных блоков составляют отказы тягового редуктора. Работа без смазки является основным источником отказов, вызывая нагрев зубчатой передачи [3].

На рис. 3 приведена статистика отказов оборудования электровозов ЭП2К, эксплуатируемых на Октябрьской железной дороге, за 9 месяцев 2025 года.



**Рис. 3.** Основные отказы оборудования электровозов ЭП2К за 9 месяцев 2025 года

Из рис. 3 следует, что около 45 % случаев неисправностей оборудования приходится на отказы в КМБ. Из них 25 % приходится на неисправности тягового редуктора.

Согласно статистике отказов за 2024–2025 годы (данные АСУТ ОАО «РЖД»), по неисправностям кожухов зубчатой передачи были отставлены из эксплуатации 64 локомотива для последующей замены КЗП (236 шт.). В процессе эксплуатации на пробегах от 10 до 150 тыс. км фиксировались следующие отказы:

- изломы штифтов крепления масломерных щупов;
- разрушение корпуса масломерного щупа;
- излом крепления щупов маслосливных горловин;
- излом стопорных шайб тяги эластичной муфты;
- износ резьбы валиков поводков упругой связи полого вала и т. д.

Основной причиной указанных несоответствий является недостаток смазки в редукторе. В среднем затраты на ремонт одного КМБ составляют 80 тыс. руб.

### **Существующие недостатки кожухов тягового редуктора**

Анализ конструкции КЗП позволяет сделать следующие выводы об их недостатках:

1. Низкая герметичность уплотнений кожухов, которая приводит к вытеканию смазки по периметру соединения половин кожуха и в местах сопряжения с валом ТЭД. Как следствие, загрязняется рельсовый путь, особенно в местах длительной стоянки электровозов и тепловозов (пути отстоя локомотивов на станциях, экипировочные пути, тракционные пути локомотивных депо) (рис. 4, 5).



**Рис. 4.** Разлив смазки на путях отстоя локомотива с негерметичным КЗП  
(фото Д. А. Колотай)

2. Низкая морозостойкость редукторной смазки (О-Л, З) ТУ-0254-082-70351853-2015. При низких температурах редукторная смазка оседает на стенках корпуса редуктора. При этом становится невозможным контроль уровня смазки существующими контрольными щупами и приспособлениями в ходе технического обслуживания.

3. Низкие эксплуатационные свойства стали, из которой изготавливают КЗП. Сталь марки Ст3 обладает низкой коррозионной стойкостью в агрессивных средах и в условиях повышенной влажности. Сталь не имеет в составе легирующих добавок, защищающих от подобного рода воздействий. При низких температурах

сталь теряет пластичность, что отрицательно сказывается на ее механических свойствах. Увеличенное содержание углерода ухудшает свойства стали при сваривании: сварные швы становятся пористыми и склонными к трещинам, что приводит к снижению долговечности кожухов.

Перечисленные недостатки являются основными причинами дорогостоящего ремонта колесно-моторных блоков в условиях сервисных предприятий. Актуальной задачей является поиск новых технических решений с использованием современных технологий и материалов [4].



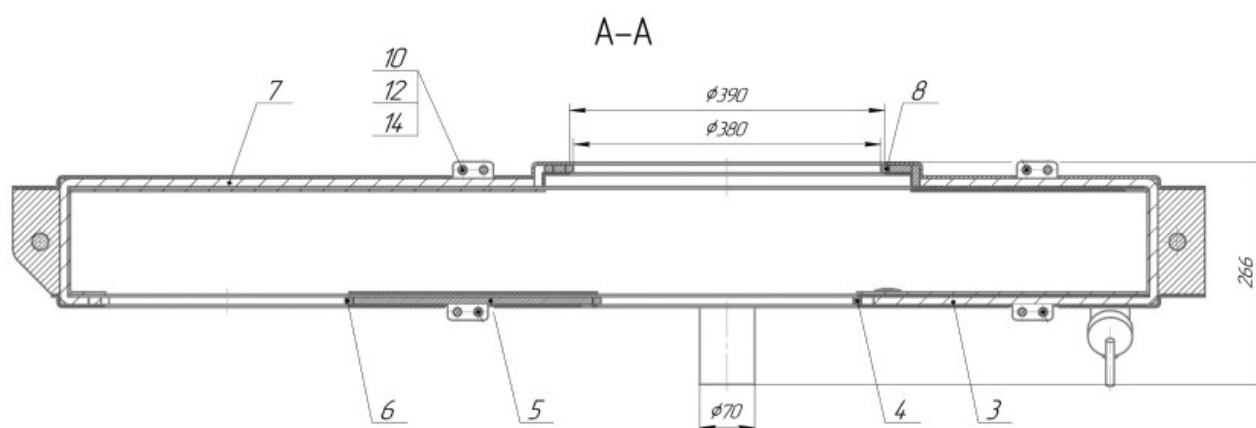
**Рис. 5.** Состояние существующей конструкции КЗП после 30 тыс. км пробега локомотива (фото Д. А. Колотай)

### **Конструктивные решения по совершенствованию кожухов зубчатой передачи**

Предлагается ряд технических решений по совершенствованию кожухов зубчатых передач, которые позволят улучшить их основные функции — защитную, смазочную и несущую [5]:

1. В предлагаемой модификации кожуха для повышения герметичности между его половинами по всему периметру разъема вместо войлочного уплотнения предлагается применять лабиринтное уплотнение из силикона. Такой тип уплотнения не вступает в реакцию с химическими веществами, маслами и щелочами, не меняет своей структуры и свойств под воздействием большинства физических процессов. Силиконовое уплотнение обладает термостойкостью в диапазоне температур от  $-60$  до  $+280$  °С с пиковой нагрузкой до  $+300$  °С и имеет низкую теплопроводность. Данное решение позволит повысить надежность смазки зубчатой передачи.

2. Установка дополнительных креплений в сочленении КЗП повысит жесткость конструкции (рис. 6, позиции 5, 10, 12, 14). Такое крепление усилит стыковое соединение нижней и верхней половин кожуха, исключит их относительное смещение и зазоры. Данное решение позволит повысить защитную и несущую функции КЗП.



**Рис. 6.** Установка дополнительного крепления в сочленении КЗП на нижней половине кожуха (позиции 5, 10, 12, 14 — дополнительные крепления, направляющий валик и отверстие под болтовое крепление)

3. Еще одним предлагаемым решением для повышения надежности смазки зубчатой передачи является замена смазки (ОС-Л, 3) ТУ-0254-082-70351853-2015 на трансмиссионное синтетическое масло Mobil Delvac 1 Gear Oil 75w90 API GL-5/MT-1. Данное масло обеспечивает защиту от износа, коррозии зубчатых колес, что критически важно для транспортных средств, эксплуатируемых в тяжелых условиях, а также позволит продлить срок службы уплотнений, минимизируя необходимость в их частой замене и техническом обслуживании.

4. Для удобства визуального контроля уровня масла в предлагаемой модификации КЗП в нижней половине кожуха устанавливается маслоуказатель, который состоит из прозрачного пластмассового окна, уплотненного маслостойкой резиной и стальными прижимными направляющими (рис. 7 а), и металлической линейки (рис. 7 б). Две полосы белой эмали обозначают предельные минимальный и максимальный уровни смазки.

5. Несущую функцию КЗП предлагается повысить за счет замены марки стали. При детальном изучении свойств сталей выбор остановился на стали 09Г2С — низколегированной конструкционной стали, разработанной специально для эксплуатации в сложных климатических условиях. Она содержит марганец и кремний, что обеспечивает высокую прочность и ударную вязкость даже при низких температурах. Этот материал активно используется при создании таких конструкций, которые применяются в сложных условиях: к ним относятся

температурный режим от  $-70$  до  $+425$  °С, повышенная влажность, контакт металла с химически активными жидкостями и газами, разноплановые нагрузки.

Предлагаемые решения в совокупности повысят эксплуатационные показатели кожуха зубчатой передачи и снизят необходимость дополнительной экипировки КМБ редукторной смазкой на ТО-2 (3), ТР-1.

*а**б*

**Рис. 7.** Маслоуказательное окно и масломерная линейка модифицированного кожуха зубчатой передачи (фото Д. А. Колотай)

### Практическое применение

За период с 2013 по 2018 год описанная конструкция усовершенствованных кожухов была успешно апробирована на электровозах серий 2ЭС6 и ВЛ10 Западно-Сибирской железной дороги. Более 1000 изделий получили положительные отзывы от сервисных компаний. Изобретение отмечено руководством ЗСЖД [6].



**Рис. 8.** Эксплуатация усовершенствованной конструкции кожуха зубчатой передачи. Пробег локомотивов — более 300 тыс. км (фото Д. А. Колотай)

## Расчет экономической эффективности от применения модифицированной конструкции КЗП

Стоимость переоснащения одной секции локомотива ВЛ10 составляет 1,2 млн руб. (замена восьми КЗП). Согласно статистике отказов, за 2024–2025 годы в среднем из эксплуатации в год для внеплановой замены КЗП отставляется порядка 6 % локомотивов. Стоимость ремонта одного КМБ с заменой КЗП составляет в среднем 80 тыс. руб. Стоимость простоя одного локомотива в сутки — 100 тыс. руб.

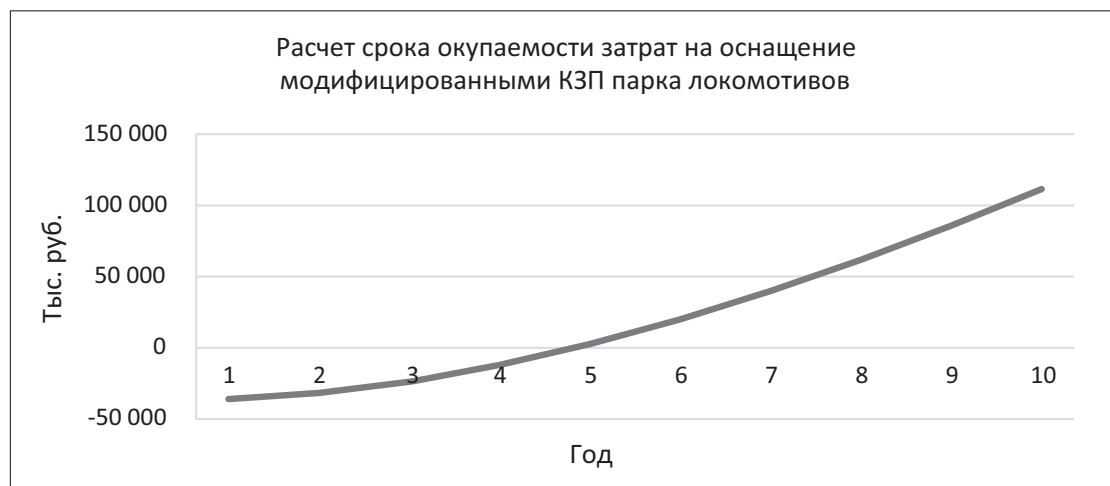
Окупаемость затрат на оснащение парка, состоящего из 30 односекционных локомотивов, ожидается за счет снижения количества внеплановых случаев ремонта КМБ по причине отказов КЗП, а также за счет снижения времени простоя локомотива в ремонте. Вместе с этим использование на тяговом подвижном составе предлагаемой модификации кожуха тягового редуктора приводит к снижению экономических затрат на экипировочные материалы и технологические операции при обслуживании КМБ на таких видах технического обслуживания и текущего ремонта, как ТО-2(3) и ТР-1 (табл. 1, данные из автоматизированной системы управления тяговыми ресурсами (АСУТ) ОАО «РЖД»).

ТАБЛИЦА 1. Оценка экономии смазочного материала от внедрения модифицированной конструкции кожуха зубчатой передачи

Серия локомотива	Средний расход осерненной смазки за период 36 мес. от выпуска с завода до ТР-3. (расчет на одну секцию), кг	Фактические затраты на осерненную смазку для базовых моделей КЗП без учета трудозатрат на экипировку (расчет на одну секцию), тыс. руб.	Фактические затраты на осерненную смазку при применении модернизированной конструкции КЗП за период 36 мес. от выпуска с завода до ТР-3 (расчет на одну секцию), тыс. руб.	Экономический эффект за период 36 мес. (расчет на одну секцию), тыс. руб.
ТЭМ18ДМ	230–250	39,1–42,5	0	39,1–42,5
ЗЭС6	230–250	39,1–42,5	0	39,1–42,5

Ориентировочный расчет показал, что срок окупаемости затрат на оснащение модифицированным типом КЗП локомотивного парка, состоящего из 30 единиц, составит порядка 5 лет (рис. 9).





**Рис. 9.** Ориентировочный расчет срока окупаемости затрат на оснащение локомотивного парка модифицированными КЗП

## Выводы

1. В ходе анализа отказов тягового подвижного состава установлено, что порядка 25 % от общего числа отказов колесно-моторных блоков составляют отказы тягового редуктора. Основной причиной отказов является недостаток смазки в редукторе КМБ.

2. Анализ существующей традиционной конструкции кожуха зубчатой передачи выявил ряд недостатков, таких как низкая герметичность уплотнений, которая приводит к вытеканию смазки по периметру соединения половин кожуха; низкие эксплуатационные свойства марки стали, из-за которых кожух подвержен интенсивной коррозии и деформациям в условиях низких температур; низкая морозостойкость редукторной смазки, из-за чего становится невозможным контроль уровня смазки существующими контрольными щупами и приспособлениями в условиях сервисных предприятий.

2. Предлагаемые конструктивные решения, направленные на модификацию существующей конструкции кожуха, позволят улучшить условия эксплуатации зубчатой передачи за счет повышения надежности смазки зубчатых колес и несущей способности КЗП, увеличат герметичность соединения половин кожуха и продлят долговечность КЗП.

3. Ориентировочный расчет срока окупаемости затрат на оснащение парка из 30 локомотивов модифицированными КЗП показал окупаемость вложений за 5 лет за счет увеличения надежности узла колесно-моторного блока, уменьшения времени простоя локомотивов на внеплановом ремонте, экономии средств на экипировочных материалах и связанных технологических операциях.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бирюков И. В., Беляев А. И., Рыбников Е. К. Тяговые передачи электроподвижного состава железных дорог. М.: Транспорт, 1986. 256 с.
2. Школьный М. И., Ахмедов Г. Г., Демченко И. П. Кожухи зубчатых передач. Проблемы и альтернативные конструкции // Вестник Всероссийского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института электровозостроения. 2017. № 2 (76). С. 43–51.
3. Губарев П. В., Шапшал А. С., Курочкин А. С. Анализ надежности узлов электровозов по Северо-Кавказской железной дороге за 2016–2019 гг. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 3. С. 69–73.
4. Андриевский А. Г., Чабан Е. А., Москвичев В. В. Анализ загруженности кожуха зубчатой передачи электровоза при условии ослабления затяжки болтов его крепления к тяговому двигателю // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2021. Т. 18, вып. 2. С. 201–210.
5. Кожух зубчатой передачи для электровозов: патент № 78158. Российская Федерация, МПК В61F 15/22(2006/01) / Михайлов В. В., Одинцов В. Г., Колотай Д. А.; заявл. 16.06.2008; опубл. 20.11.2008; патентообладатель ООО «Техноком».
6. Без слабых мест // Гудок. Вып. 29.07.2008. С. 4.

Дата поступления: 26.11.2025

Решение о публикации: 19.01.2026

### Контактная информация:

КОЛОТАЙ Дмитрий Анатольевич — аспирант, ОЦППКВК, Российский университет транспорта РУТ (МИИТ), АО «Трансмашхолдинг», главный специалист по надежности тепловозов Дирекции по операционной деятельности; [d.kolotay@tmholding.ru](mailto:d.kolotay@tmholding.ru)

ОПАРИНА Екатерина Владимировна — канд. техн. наук, доцент кафедры «Механика и прочность материалов и конструкций», доцент кафедры «Наземные транспортно-технологические комплексы»; [oparina-ekaterina@inbox.ru](mailto:oparina-ekaterina@inbox.ru)

## Improvement of gearbox housings for unequipped electric rolling stock

**D. A. Kolotay<sup>1</sup>, E. V. Oparina<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> JSC Transmashholding, 10 Efremova str., office 1003, Moscow, 119048, Russia

<sup>2</sup> Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9 Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russia

**For citation:** Kolotay D. A., Oparina E. V. Improvement of gearbox housings for unequipped electric rolling stock // Bulletin of scientific research results, 2026, iss. 1, pp. 34–44. DOI: 10.20295/2223-9987-2026-1-34-44. (In Russian)

## Abstract

**Objective:** to improve the operational performance of gearbox housings in locomotives and prevent lubricant losses during rolling stock operation. **Methods:** an analysis of locomotive gearbox housing damage was conducted to identify underlying causes. Existing gear housing designs were reviewed with emphasis on reliability, strength, and structural stiffness. **Results:** design solutions for the gear housing have been proposed to enhance its strength, stiffness, and durability, while reducing lubricant consumption. **Practical significance:** the proposed improvements will enable increased locomotive mileage without additional outfitting of wheel–motor units. The environmental imperative for adopting the enhanced gearbox housing design has been emphasized.

**Keywords:** gearbox housing, lubricants, design solutions

## References

1. Biryukov I.V., Belyaev A.I., Rybnikov E.K. Tyagovye peredachi elektropodvizhnogo sostava zheleznykh dorog. M.: Transport, 1986. 256 s. (In Russian)
2. Shkol'nyj M.I., Akhmedov G.G., Demchenko I.P. Kozhukhi zubchatykh peredach. Problemy i al'ternativnye konstruksii // Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo i proektno-konstruktorskogo instituta elektrovozostroeniya. 2017. No. 2 (76). S. 43–51. (In Russian)
3. Gubarev P.V., Shapshal A.S., Kurochkin A.S. Analiz nadezhnosti uzlov elektrovozov po severo-kavkazskoj zheleznoj doroge za 2016–2019 gg. // Izvestiya tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2021. No. 3. S. 69–73. (In Russian)
4. Andrievskij A.G., Chaban E.A., Moskvichev V.V. Analiz zagruzhennosti kozhukha zubchatoy peredachi elektrovoza pri uslovii oslableniya zatyazhki boltov ego krepleniya k tyagovomu dvigatelyu // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya. 2021. T. 18, vyp. 2. S. 201–210. (In Russian)
5. Kozhukh zubchatoy peredachi dlya elektrovozov: patent № 78158. Rossijskaya Federatsiya, MPK V61F 15/22(2006/01) / Mikhajlov V.V., Odintsov V. G, Kolotaj D.A.; zayavl. 16.06.2008; opubl. 20.11.2008; patentoobladatel' OOO "Tekhnokom". (In Russian)
6. Bez slabykh mest // Gudok. Vyp. 29.07.2008. S. 4. (In Russian)

Received: 26.11.2025

Accepted: 19.01.2026

### Author's information:

Dmitry A. KOLOTAY — Postgraduate Student, OTSPNPKVK, Russian University of Transport (MIIT), JSC Transmashholding, Chief Specialist for Locomotive Reliability of the Directorate for Operational Activities; d.kolotay@tmholding.ru

Ekaterina V. OPARINA — PhD in Engineering, Associate Professor of the Department "Mechanics and Strength of Materials and Structures", Associate Professor of the Department "Ground Transport and Technological Complexes"; oparina-ekaterina@inbox.ru