

Т.Ф. Кулиев¹, О.В. Мельниченко², Р.И. Устинов¹

¹ АО «Байкальская ППК», г. Иркутск, Российская Федерация

² Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОТОРНО-ОСЕВЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОВЗОВ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЙ ДИРЕКЦИИ ТЯГИ

Аннотация. В статье представлен анализ отказов узла моторно-осевого подшипника (МОП) электровозов серий ВЛ и «Ермак» по линейным предприятиям Восточно-Сибирского филиала ООО «ЛокоТех-Сервис» за период 2018-2020 гг. В виде диаграмм показана динамика изменения количества отказов по месяцам за период анализа, а также в процентном соотношении выявлены основные причины возникновения отказов МОП.

Дана оценка влияния загрязнения балластного слоя железнодорожного пути смазкой, из-за несовершенной технологии заправки букс МОП скольжения. Загрязнение прибрежной зоны озера Байкал остро стоит на протяжении долгих лет, учитывая, что в компании ОАО «РЖД» 2021г. объявлен Годом экологии, решение проблемы заправки букс МОП электровозов является крайне актуальной.

Показаны потери смазки при заправке букс МОП «по переливу» на один электровоз в зависимости от его серии. Сформулированы основные проблемы эксплуатации букс МОП скольжения с постоянным уровнем смазки.

Ключевые слова: моторно-осевой подшипник (МОП), смазка, радиальный зазор, экология, техническое обслуживание, электровоз, отказ.

T.F. Kyliiev¹, O.V. Melnichenko², R.I. Ustinov¹

¹ JSC "Baikal PPK", Irkutsk, the Russian Federation

² Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

PROBLEMS OF OPERATION OF MOTOR-AXIAL SLIDING BEARINGS OF ELECTRIC LOCOMOTIVES OF THE EAST SIBERIAN TRACTION DIRECTORATE

Annotation. The article presents an analysis of failures of the motor-axial bearing unit (MOS) of electric locomotives of the VL and Ermak series for linear enterprises of the East Siberian branch of LocoTech-Service LLC for the period 2018-2020.

The diagrams show the dynamics of changes in the number of failures by month during the analysis period, as well as the main reasons for the occurrence of MOS failures in percentage terms.

An assessment of the impact of contamination of the ballast layer of the railway track with grease, due to the imperfect technology of refueling the MOPP slip boxes, is given. The pollution of the coastal zone of Lake Baikal has been acute for many years, given that the company JSC "Russian Railways" has declared the Year of Ecology in 2021, solving the problem of refueling electric locomotives with MOS is extremely urgent.

The losses of lubrication during refueling of the MOS box "by overflow" for one electric locomotive, depending on its series, are shown. The main problems of the operation of the sliding MOS box with a constant level of lubrication are formulated.

Keywords: motor-axial bearing (MOS), lubrication, radial clearance, ecology, maintenance, electric locomotive, failure.

Опорно-осевой привод, получивший широкое распространение на тяговом подвижном составе современных отечественных железных дорог, прост, имеет низкую стоимость изготовления и обладает высокой ремонтпригодностью [1]. В то же время, используемые в опорно-осевом тяговом приводе МОП скольжения обладают рядом существенных недостатков:

- несовершенная технология заправки буксы МОП, при которой происходит потеря смазки через порог буксы и заправочную горловину, что негативно воздействует на окружающую среду;
- интенсивный расход смазочных композиций ведет к значительным материальным затратам;
- контроль радиального зазора производится вручную щупами, при этом есть большая вероятность попадания внутрь пыли, грязи и снега;
- низкая несущая способность масляного клина вкладыша (повышенный износ и задиры баббита, нагрев);
- отсутствия контроля и гарантии заправки букс МОП электровозов при обслуживании (пропуск буксы при заправке смазкой);
- отсутствие системы диагностики, невозможность проверки технического состояния буксы МОП в эксплуатации при обслуживании.

Несмотря на массовое внедрение МОП качения на отечественных электровозах с 2015 г., в настоящее время на железных дорогах России 90% парка грузовых магистральных электровозов всех типов оборудованы колесно-моторными блоками с МОП скольжения, что составляет более

127 тысяч букс.

По предоставленным данным сервисного локомотивного депо «Иркутское» – филиала «Восточно-Сибирский» ООО «ЛокоТех-Сервис» за период с 2018 по 2020 гг. проведен анализ постановки электровозов серий ВЛ и «Ермак» на неплановый ремонт по причине отказа МОП. Количество неплановых ремонтов за 2018 г. составило 2307 случаев, из которых постановка на неплановый ремонт по узлу МОП составляет 171 случай или 6,6 % от всего ремонтируемого оборудования электровозов. За 2019 год 4770 случаев, из которых постановка по узлу МОП составляет 193 случая или 4 % от всего ремонтируемого оборудования электровозов. В 2020 году 4563 случая, из которых постановка по узлу МОП составляет 160 случаев или 3,5 % от всего ремонтируемого оборудования электровозов. В таблице 1 представлены данные по постановке электровозов серий ВЛ и «Ермак» на внеплановый ремонт по узлу МОП за период 2018-2020 гг.

Таблица 1. Количество отказов электровозов серии ВЛ и «Ермак» по узлу МОП приписки Восточно-Сибирской дирекции тяги (491 единица), за период 2018-2020 гг.

Год \ Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Итого:
2018 г.	23	19	17	27	10	13	10	7	4	8	12	21	171
2019 г.	23	26	21	15	17	11	19	8	8	4	7	15	193
2020 г.	24	25	24	11	17	16	13	5	5	7	6	7	160
Итого:	70	68	62	53	44	40	42	20	17	19	25	43	524

На рис. 1 показана динамика неплановых ремонтов электровозов за период анализа по месяцам. На котором максимальное число случаев постановок выпадает на холодный и теплый период времени года по числу отказов букс МОП электровозов.

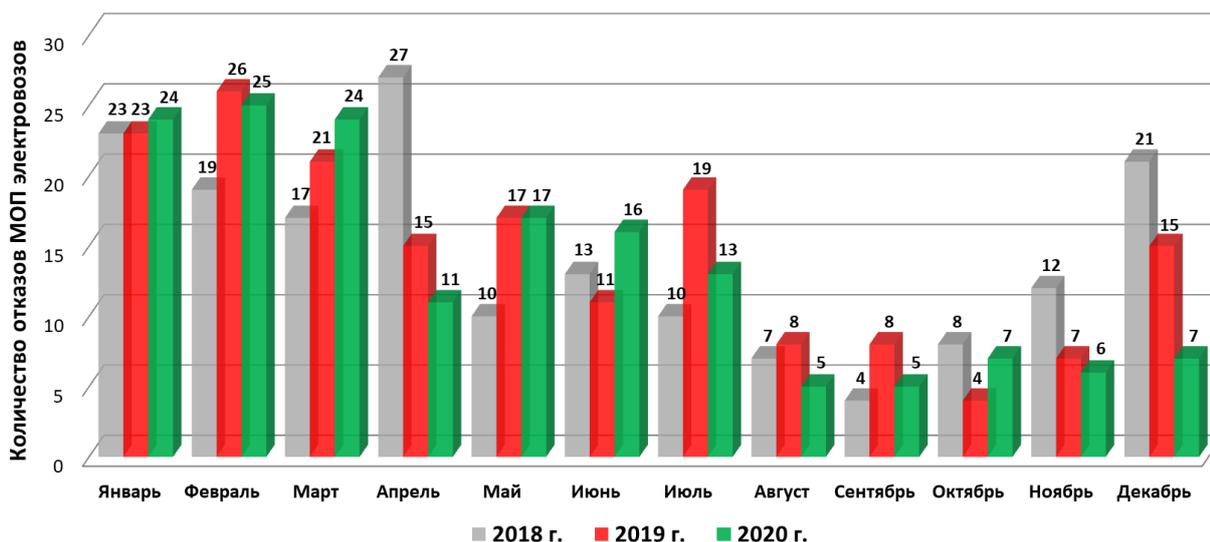


Рис. 1. Динамика количества неплановых ремонтов электровозов по узлу МОП приписки Восточно-Сибирской дирекции тяги, за период 2018-2020 гг.

Дальнейший анализ направлен на выявление основных причин отказов и их частоты появления по буксам МОП при эксплуатации электровозов серий ВЛ и «Ермак», причины представлены в таблице 2.

Таблица 2. Основные причины отказов по буксам МОР электровозов приписки Восточно-Сибирской дирекции тяги, за период 2018-2020 гг.

Причины	Зазоры МОР	Оплавление, нарушения укладки, отсутствие кос	Выкрашивание баббита	Трещины, сколы	Отсутствие сливной пробки и болтов крепления
Количество за 2018 г	78 (46%)	23 (13%)	63 (37%)	4 (2%)	3 (2%)
Количество за 2019 г	97 (50%)	22 (11%)	69 (36%)	1 (1%)	4 (2%)
Количество за 2020 г	85 (53%)	16 (10%)	47 (29%)	1 (1%)	11 (7%)

Систематизированные основные причины и частота появления которых выражена в процентном отношении к общему числу случаев отказа по буксам МОР электровозов серий ВЛ и «Ермак» представлены на рис. 2.

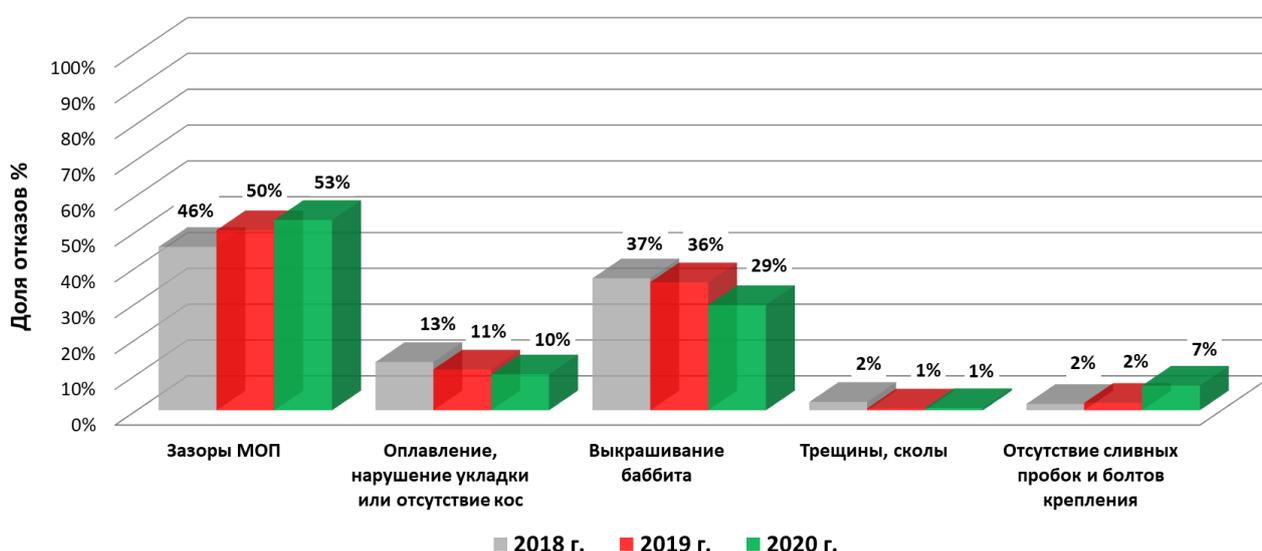


Рис. 2. Основные причины отказов МОР электровозов серий ВЛ и «Ермак» приписки Восточно-Сибирской дирекции тяги, за период 2018-2020 гг.

На рис. 3 представлена диаграмма распределения причин отказов МОР, за весь период анализа 2018-2020 гг. усредненная по линейным предприятиям Восточно-Сибирского филиала ООО «ЛокоТех-Сервис».



Рис. 3. Распределение причин отказов МОР электровозов серий ВЛ и «Ермак» приписки Восточно-Сибирской дирекции тяги, за период 2018- 2020 гг.

По предоставленным графикам (рис. 2 и 3) причинам отказов, которые выявлены при

эксплуатации электровозов серий ВЛ и «Ермак» за период 2018-2020 гг. на линейных предприятиях Восточно-Сибирского филиала ООО «ЛокоТех-Сервис», можно сделать определенные выводы. Такие причины как: «Нарушение укладки, отсутствие кос и оплавление» – являются следствием халатного отношения персонала к выполнению должностных обязанностей по регламенту технического обслуживания электровозов. Причины: «Зазоры МОП» – это контроль рабочего состояния моторно-осевого подшипника, а «Выкрашивание баббита» – является наглядным признаком одной из основных причин отсутствие осевой смазки в буксе МОП или проблемы качества баббита и его литья.

Из диаграммы на рис. 1. прослеживается сезонное увеличение отказов, где в холодный период времени года число отказов составляло в 3,6 раза больше к летнему периоду. Это явление объясняется резкими перепадами в большом диапазоне отрицательных температур, вызывая ухудшение всасывания смазки фитильной пряжей, что приводит к обеднению масляного слоя в зоне трения.

Статистика показывает, что 50 % от всех случаев постановок электровозов на неплановый ремонт (за период 2018-2020 гг.) произошло из-за отсутствия должного контроля за величиной радиального зазора – одного из критических параметров МОП. Увеличение радиального зазора выше предельного значения 2,5 мм, приводит к появлению вибрации колесно-моторного блока и повышенному износу зубчатого зацепления тягового редуктора. Наличие «Сухого» трения в трибологической системе ось колесной пары – баббитовый слой вкладыша МОП недопустимо, это приводит к нагреву оси колесной пары электровоза и резкому снижению безопасности движения поездов. На рис. 4 представлены фотографии последствия «сухого» трения МОП электровоза, привлекшие к излому оси колесной пары локомотива 2×2ЭС5К №017/004 при следовании с грузовым поездом № 9512 на перегоне Камышет-Ук 27.12.2016 г. Такие отказы, излом шейки оси колесной пары электровоза, могут приводить к крушениям на железнодорожном транспорте.



Рис. 4. Излом шейки оси колёсной пары электровоза, как результат «сухого» трения МОП скольжения электровоза

На железнодорожном транспорте остро стоит проблема экологической безопасности, около 200 км Транссиба в границах Восточно-Сибирской железной дороги проходит по самому берегу озера Байкал, в его центральной экологической зоне. Применение типовой

технологии заправки букс МОП «до перелива», способствует потерям смазки. При каждой заправки буксы МОП, приходится 0,9 литра потерь смазки, а это в свою очередь приводит к значительному загрязнению балластного слоя магистральных железнодорожных путей, ремонтных стоек, и тракционных путей сервисных локомотивных депо, и пунктов технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ). На рис. 5 представлены фото, сделанные на станции Слюдянка-2 в 20 метрах от озера Байкал.



Рис. 5. Загрязнение балластного слоя железнодорожного пути на станции Слюдянка-2

При таянии снега и выпадении осадков попавшая на балластный слой смазка имеет тенденцию к рассеиванию и миграции. Попадая в водоем компоненты смазки, изменяют органолептические свойства воды, образуя пленку на её поверхности. Это препятствует нормальному газообмену, влияет на температуру, что приводит к изменению химического состава воды. Стойкое загрязнение водоемов создают комочки грунта, внутри которых также содержатся компоненты смазки. При их разрушении происходит вторичное загрязнение воды [2, 3].

Заправка букс МОП «до перелива» вызывает потери смазки, что приводит к значительным экономическим издержкам. Согласно опытам, проведенным в [5] определено, что объем запасной камеры, предназначенный для поддержания требуемого уровня масла в рабочей камере в процессе эксплуатации составляет в среднем 3,2 л смазки. Объем смазки в рабочей камере ограничивается нижним краем ниппеля и составляет в среднем 2,2 л, исходя из этого норма заправки в буксу МОП составляет не менее 5,5 л смазки. При типовом способе заправки буксы МОП образуется избыток (перелив) смазки, который определяется нижним краем перепускного ниппеля и нижним торцом заправочной трубки, равный в среднем 0,7 л смазки. Потери смазки через горловину заправочной трубки, после каждой такой заправки буксы МОП дополнительно дает потерю в среднем 0,2 л. В итоге потери составляют 0,9 л смазки на каждую буксу МОП, что в расчёте на один трёхсекционный электровоз серии «Ермак» составляют 21,6 литра при каждом ТО-2, который проводится через каждые 96 часов.

За 12 месяцев 2020 года на ПТОЛ «Иркутск-Сортировочный» было заправлено 87 600 букс МОП (электровозов серий ВЛ и «Ермак») учитывая, что в среднем потери смазки на одну буксу электровоза составляют 0,9 л, общее количество потерь смазки за год составило –

157 680 л (149 796 кг). При стоимости одного килограмма осевого масла равной 98,20 руб. общие годовые потери денежных средств от нерационального использования смазки составили 14 709,97 тыс. руб. Типовую технологию, которая используется в настоящее время в ремонтных локомотивных депо для заправки букс МОП электровозов можно трактовать как технологию – «ношения воды в решетке».

Кроме того, существуют расходы, связанные с очисткой подъездных путей и смотровых стоил ПТОЛ от нефтепродуктов, которые определяются по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{о.п.д}} = \mathcal{C} \times S \times k_f \times t_c \times t^o \times \alpha, \quad (1)$$

где \mathcal{C} – стоимость очистки в перерасчете на 1 м² очищаемой поверхности (245,5 руб.);

S – территория подъездных путей и смотровых стоил ПТОЛ (10000 м²);

k_f – коэффициент удорожания, учитывающий тяжелые фракции нефти, требующие дополнительных обработок (1,3);

t_c – коэффициент удорожания, учитывающий трудоемкость места обработки (1,5);

t^o – коэффициент удорожания, применяемый, если средняя температура ниже 15 °С (1,2);

α – коэффициент, учитывающий, что подъездные пути загрязняются не только буксами МОП, но и кожухами зубчатых передач (0,3).

Расходы, связанные с очисткой подъездных путей и смотровых стоил депо, составили

$$\mathcal{E}_{\text{о.п.д}} = 245,5 \times 10\,000 \times 1,2 \times 1,3 \times 1,5 \times 0,3 = 1\,423,41 \text{ тыс. руб.}$$

Итого суммарные годовые потери денежных средств, связанные с обслуживанием букс МОП скольжения на примере ПТОЛ «Иркутск-Сортировочный» составили 16 133,4 тыс. руб.

Снижение эксплуатационной надежности также приводит к ежегодным значительным потерям денежных средств. Из 160 случаев заходов на ремонт электровозов по неисправности МОП, с выкаткой колесно-моторных блоков (КМБ) выполнено – 64 ремонта. К расчету за единицу ремонта принимаем плановые калькуляции по устранению данных неисправностей, расчет производится по формуле

$$\mathcal{C}_{\text{нсоi}} = N_{\text{нсо}} \times \mathcal{C}_i, \quad (2)$$

где $\mathcal{C}_{\text{нсоi}}$ – общая стоимость затрат и материалов по устранению вида неисправности электровоза;

$N_{\text{нсо}}$ – количество выполненных неплановых сервисных обслуживаний;

\mathcal{C}_i – стоимость затрат на устранение неисправности одного электровоза.

Тогда, затраты на устранение неисправности МОП с выкаткой КМБ из-под электровоза составят

$$\mathcal{C}_{\text{нсо КМБ}} = 64 \times 61,38 = 3\,928,32 \text{ тыс. руб.}$$

Тогда, затраты на устранение неисправности МОП без выкатки КМБ из-под электровоза составят

$$\mathcal{C}_{\text{нсо МОП}} = 96 \times 9,27 = 889,92 \text{ тыс. руб.}$$

Итого суммарные затраты денежных средств на устранение внеплановых ремонтов МОП электровозов Восточно-Сибирской дирекции тяги и потери денежных средств, связанные с обслуживанием букс МОП скольжения на примере одного ПТОЛ «Иркутск-Сортировочный» за 2020 год составили 20 951,62 тыс. руб.

Выводы:

- при заправке букс МОП происходят значительные потери смазки, т.к. сигналом полностью заправленной буксы является, перелив её через заправочную горловину. Потери в пересчете: в среднем на одну буксу электровоза – **0,9 л/83,96 руб.**; в среднем на один электровоз – **14,4 л/1 343,4 руб.**, на один среднестатистический ПТОЛ – **157 680 л/14 709,97 тыс. руб. (в год)**, на сеть ПТОЛ – **7 095 600 л/661 948,53 тыс. руб. (в год)**.

- попадание нефтепродуктов в почву нарушает биологические, химические и физические процессы, что приводит к разрушению структуры почвы и нарушению водно-воздушного режима, прекращению нормального роста растений в течение тысячи лет.

- потери денежных средств, связанные с очисткой подъездных путей и смотровых стоил

ПТОЛ за 2020 год составили **1 423,41 тыс. руб.**

- типовая технология обслуживания МОП скольжения, не позволяет в полной мере оценить его техническое состояние. Это приводит к образованию отказов и в значительной степени снижает безопасность движения поездов. Потери денежных средств на устранение внеплановых ремонтов МОП электровозов Восточно-Сибирской дирекции тяги за 2020 год составили **4 818,24 тыс. руб.**

Для решения выявленных проблем необходима разработка предиктивного аппаратно-программного комплекса, позволяющего контролировать заправку каждой буксы МОП, вести учет количества заправленной смазки в каждую буксу, определять её техническое состояние и прогнозировать остаточный ресурс.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Моторно-осевые подшипники и системы их смазки на современных отечественных локомотивах / О.В. Мельниченко, Ю.В. Газизов, Т.Н. Мельниченко // Учебное пособие по дисциплине «Механическая часть ЭПС». -2009 года. – С. 96.
2. Вредные химические вещества. Природные органические соединения. Изд. Справ. – энциклопедического типа. Том 7/Под ред. В. А. Филова. - СПб.: СПХФА, НПО «Мир и семья-95», 1998.
3. Минеральные масла. Сер. Научные обзоры советской литературы по токсичности и опасности химических веществ. N1. - М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1982.
4. Пат. 2370389 С1 Российская Федерация, МПК В61F 17/00. Способ заправки букс моторно-осевого подшипника локомотива / Бочаров В.М., Головаш А.Н., Гостев К.Ю., Карabanов А.В., Бреусов В.Н.; заявитель и патентообладатель ОАО «НИИТКД ЖД» Рубежанский П.Н. – № 2008111576/11, заявл. 25.03.2008; опубли. 20.10.2009, Бюл. № 29.
5. Инструкция по применению смазочных материалов 01ДК.421457.001 И «Локомотивы и мотор-вагонный подвижной состав» в ред. от 06.09.2016 г.

REFERENCES

1. Melnichenko O. V., Gazizov Yu. V., Melnichenko T. N. *Motorno-osevye podshipniki i sistemy ih smazki na sovremennyh otechestvennykh lokomotivah* (Motor-axial bearings and their lubrication systems on modern domestic locomotives). Irkutsk: IrGUPS, 1968, 96 p.
2. V. A. Filova. *Vrednye khimicheskie veshchestva. Prirodnye organicheskie soedineniia* (Harmful chemicals. Natural organic compounds). Saint-Petersburg.: SPKhFA, NPO «Mir i sem'ia-95», 1998.
3. Mineral'nye masla. Ser. Nauchnye obzory sovetskoi literatury po toksichnosti i opasnosti khimicheskikh veshchestv (Mineral oils.Ser. Scientific reviews of the Soviet literature on the toxicity and danger of chemicals). Moscow: Tsentr mezhdunarodnykh proektov GKNT, 1982.
4. Bocharov V. M., Golovash A. N., Gostev K. Yu., Karabanov A.V., Breusov V. N. *Patent RU 2370389 C1*, 20.10.2009.
5. Instruktssiia po primeneniiu smazochnykh materialov 01DK.421457.001 I «Lokomotivy i motor-vagonnyi podvizhnoi sostav» (Instructions for the use of lubricants 01DK. 421457. 001 And " Locomotives and motor-car rolling stock») v red. ot 06.09.2016 g.

Информация об авторах

Кулиев Тимур Феруз-оглы – генеральный директор АО «Байкальская ППК», г. Иркутск, e-mail: ktf321@yandex.ru.

Мельниченко Олег Валерьевич – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Электроподвижной состав», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: olegmelnval@mail.ru.

Устинов Роман Иванович – к.т.н., инженер 1 категории производственно-технического отдела АО «Байкальская ППК», г. Иркутск, e-mail: romust93@mail.ru.

Author

Kuliev Timur Firuz-ogly – general director of JSC «Baikal PPK», Irkutsk, e-mail: ktf321@yandex.ru.

Oleg V. Melnichenko – doctor of technical sciences, head of the department of «Electric rolling stock», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: olegmelnval@mail.ru.

Roman I. Ustinov – candidate of technical sciences, engineer of the 1st category of the production and technical department of JSC «Baikal PPK», Irkutsk, e-mail: romust93@mail.ru.