

И. А. Майба

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ЛУБРИКАЦИИ ГРЕБНЕЙ КОЛЕС НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛОКОМОТИВА

Аннотация. Представлены результаты эксплуатации устройств смазывания гребня колеса различных способов лубрикации: контактного и жидкостного. Исследовано влияние технологии лубрикации на формирование показателей эксплуатационной эффективности локомотивов на примере парка грузовых электровозов одной серии, на которых установлены устройства гребнесмазывания контактного и жидкостного типа. Определены эффектообразующие факторы, получаемые в ходе применения устройств гребнесмазывания, и распределение эффектов между дирекцией тяги и сервисной компанией, обеспечивающей сервисное обслуживание локомотивов с установленными гребнесмазывателями.

Выполнен сравнительный анализ двух сценариев эксплуатации устройств с применением гребнесмазывателей контактного и жидкостного типа, сопоставлены основные показатели, определяющие технико-экономическую эффективность применения гребнесмазывателей.

Ключевые слова: устройства смазывания гребней, эффектообразующие факторы, ресурс бандажа, ресурс колесной пары, обточка гребней, инвестиционные затраты, операционные расходы, технико-экономическая эффективность, результаты применения устройств гребнесмазывания.

Для цитирования: Майба, И. А. Исследование влияния способа лубрикации гребней колес на эксплуатационную эффективность локомотива / И. А. Майба // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 34–40. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_4_34.

Введение

В результате анализа мирового опыта эксплуатации локомотивов установлено, что одним из способов увеличения пробега между сменами бандажа колеса грузового локомотива является применение современных систем смазывания гребней колес [1–7]. Целевыми задачами применения систем гребнесмазывания являются:

- увеличение ресурса бандажа колесной пары до значений, совпадающих со сроками плановых текущих ремонтов локомотивов на основе уменьшения интенсивности износа гребней колес;
- сокращение времени нахождения локомотивов в неэксплуатируемом парке и повышение производительности работы.

Кроме того, применение устройств гребнесмазывания повышает устойчивость колеса от вкатывания на головку рельса, обеспечивает снижение уровня шумового воздействия на окружающую среду от взаимодействия колес и рельсов.

Выполнение задач по выбору эффективного средства гребнесмазывания позволит существенно влиять на технические и экономические показатели работы локомотива, экономить затраты на смену и покупку бандажей колесных пар, снизить затраты на простой локомотивов в ожидании обточки ТУ-4 и повысить доходность локомотивов за счет увеличения их производительности.

Актуальной задачей совершенствования эксплуатационной работы локомотивов является не только разработка и применение устройств (систем) смазывания гребней колесных пар локомотивов, увеличивающих ресурс колесных пар локомотивов и снижающих количество обточек колесных пар по причине износа гребня, но и подбор наиболее эффективного способа лубрикации гребней.

Материалы и методы исследований

В данной работе рассматриваются два альтернативных способа смазывания гребня: контактный – с использованием твердых смазочных элементов и бесконтактный – с использованием пластичной смазки. В качестве объекта исследований взята серия локомотива 2ЭС4К. Электровозы 2ЭС4К оснащены преимущественно автоматическими гребнесмазывателями АГС-8, которые устанавливались при выпуске локомотива с завода ООО ПК НЭВЗ. Это жидкостные гребнесмазыватели бесконтактного

типа, заполняемые смазкой ПУМА. Принцип действия данных гребнесмазывателей основан на периодическом напылении жидкой (консистентной) смазки на гребни набегающих колёсных пар. Как правило, форсунки устанавливаются на крайние оси и подают смазочный материал на первую по ходу колесную пару локомотива. Эффективность применения жидкостных гребнесмазывателей АГС невысокая, так как для смазывания гребней колес всех колесных пар локомотива смазочный материал должен хорошо переноситься с гребня колеса на рельс и на следующий гребень колеса, что возможно при соблюдении ряда условий. Для этого требуется обильная жидкая смазка, от которой отказались в начале двухтысячных годов по причине замасливания окружающей среды и тяговой поверхности колес. Такая технология бесконтактной подачи смазки имеет побочные эффекты в виде попадания смазки на поверхность катания колеса, при этом снижаются тяговые характеристики локомотива. Применение пластичной смазки ПУМА взамен жидкой не позволяет смазывать все колесные пары локомотива и не устраняет полностью эффект замасливания тяговой поверхности колеса, особенно в условиях ветрового воздействия. Добавление песка для увеличения тяги приводит к смешиванию со смазкой и образованию абразивной пасты, увеличивающей износ контактных поверхностей колеса и рельса. АГС имеют в своём составе сложные блоки управления, систему трубопроводов, бачков и насосов, что предполагает существенные затраты на их ремонт и обслуживание. Работа электронных блоков должна быть синхронизирована с электронными системами локомотива, которые постоянно претерпевают изменения, что затрудняет настройку, подключение АГС при ремонте локомотива. В результате применение этих систем не обеспечивает нормативный ресурс бандажа колеса и снижение интенсивности износа гребней, особенно в сложных условиях эксплуатации, о чем свидетельствуют статистические данные информационной системы ТО-3.

Альтернативным способом гребнесмазывания является контактно-ротационный способ нанесения на гребень колеса твердого смазочного материала с использованием специальных смазочных элементов. Примером реализации контактного способа гребнесмазывания являются устройства смазывания гребней колесных пар (далее – УСГЛ), которые наносят на гребни колес локомотивов специальный твердый антифрикционный элемент (далее – стержень УСГЛ).

УСГЛ для электровозов 2ЭС4К представляет собой механизм, закреплённый на раме тележки локомотива с ориентацией корпуса направляющей на гребень колеса в точке, максимально удаленной от тормозной колодки тормозной рычажной передачи. В соответствии с ГОСТ 30631-99 УСГЛ относится к группе обрессоренных изделий механического исполнения М26, место размещения которых – на тележке железнодорожного транспортного средства.

Технология применения УСГЛ простая и надёжная в эксплуатации, установка устройств УСГЛ на электровозы 2ЭС4К может производиться в условиях локомотивных депо, ремонтных заводов без выкатки колесных пар, на собранном локомотиве. Контактная схема подачи стержня УСГЛ непосредственно на каждый гребень каждого колеса локомотива обеспечивает постоянную защиту от износа одновременно всех гребней колёс локомотива в автономном режиме.

Стержни УСГЛ – это твёрдые композитные изделия, наполненные или ненаполненные пластичной смазкой, обеспечивающие ресурс смазочного действия на пробеге локомотива свыше 30 тыс. км, что позволяет производить их смену с периодичностью плановых технических ремонтов.

В основе технологии применения УСГЛ лежит запатентованный способ смазывания гребней колесных пар локомотивов твердыми антифрикционными элементами [8–10]. Эффективность и новизна способа заключаются в подаче специального твердого антифрикционного элемента к смазываемой поверхности гребня колеса с минимальным усилием F , достаточным для перемещения смазочного элемента по горизонтально расположенной направляющей устройства подачи, при этом смазочный элемент имеет твердость, обеспечивающую максимальный ресурс его выработки, при поддержании коэффициента трения в зоне фрикционного контакта гребня колеса с боковой головкой рельса на уровне смазанного контакта.

При этом $F = P(1 + f)$, где F – усилие пружины; P – вес твердого антифрикционного элемента; f – коэффициент трения твердого антифрикционного элемента по направляющей, подающей твердый антифрикционный элемент к смазываемой поверхности.

В результате применения УСГЛ обеспечивается максимальный ресурс выработки твердого антифрикционного элемента при смазывании гребней колесных пар локомотивов. Особенность технологии заключается в использовании специальных стержней УСГЛ имеющих ресурс в десятки раз выше существующих смазывающих элементов, применяемых для гребнесмазывания в РФ. Это позволяет оптимизировать затраты на проведение работ и получить максимальный эффект при снижении до минимума эксплуатационных затрат.

Результаты исследований

Объектом исследования являются устройства смазывания гребней локомотивов, работающие на основе применения различных способов смазывания, обеспечивающие снижение интенсивности изнашивания гребней колес и получение технико-экономического эффекта от их применения.

Целью работы является проведение исследований влияния применения различных систем гребнесмазывания на показатели эксплуатационной эффективности локомотивов и сравнительная оценка полученных эффектов.

С целью оценки влияния способа лубрикации гребней колес на показатели эксплуатационной эффективности в работе рассмотрены вопросы изменения технических и экономических показателей электровозов серии 2ЭС4К, находящихся в эксплуатации на Северо-Кавказской железной дороге (депо приписки – локомотивное депо Туапсе). Для сравнения анализировались данные локомотивов, полученные при использовании различных устройств гребнесмазывания, на примере оснащения электровозов 2ЭС4К устройствами ГС контактного типа (УСГЛ) и жидкостного типа (АГС).

Значения прогнозного ресурса бандажа колесной пары электровозов 2ЭС4К, оборудованных устройствами УСГЛ и эксплуатируемых на сети ОАО «РЖД», были получены в ходе приемочных испытаний устройств УСГЛ в 2020 году. Программа проведения испытаний предусматривала проверку эффективности влияния устройств УСГЛ на снижение интенсивности изнашивания гребней колесных пар электровозов в сложных условиях эксплуатации, при наличии значительного количества кривых на участках движения.

На электровозе 2ЭС4К № 072, который прибыл из сервисного локомотивного депо (СЛД) Вязьма в СЛД Туапсе-Пассажирское 15 июня 2020 года, в условиях СЛД Туапсе-Пассажирское при проведении ТР-1 были установлены опытные образцы устройств смазывания гребней колесных пар УСГЛ. На момент установки устройств УСГЛ пробег локомотива составлял 463 161 км. Толщина гребней колес перед началом испытаний составляла 32...32,5 мм при толщине бандажа от 87,5 до 95 мм. На каждое колесо секции А и секции Б было установлено по одному устройству УСГЛ-010 и произведена зарядка стержней УСГЛ марки 25×50×200 Н (прямоугольного сечения длиной 200 мм) из расчета по два стержня в каждое устройство УСГЛ. Всего было установлено 32 шт. стержня ТАЭЛ. Для проведения дозаправки был сформирован запас 32 шт. стержня ТАЭЛ.

За период испытаний устройств УСГЛ общий пробег составил 86 642 км, показатель средней интенсивности изнашивания составил 0,41 мм на 10 тыс. км. Расход стержней с учетом их дозаправки составил 64 шт. Средний ресурс выработки одного стержня составил 24 тыс. км. Обточки колесных пар за время испытаний не проводились. Прогнозируемая величина пробега до обточки колесных пар составила 120 тыс. км при прогнозе ресурса бандажа свыше 800 тыс. км. Отказы устройств УСГЛ за период испытаний не зафиксированы.

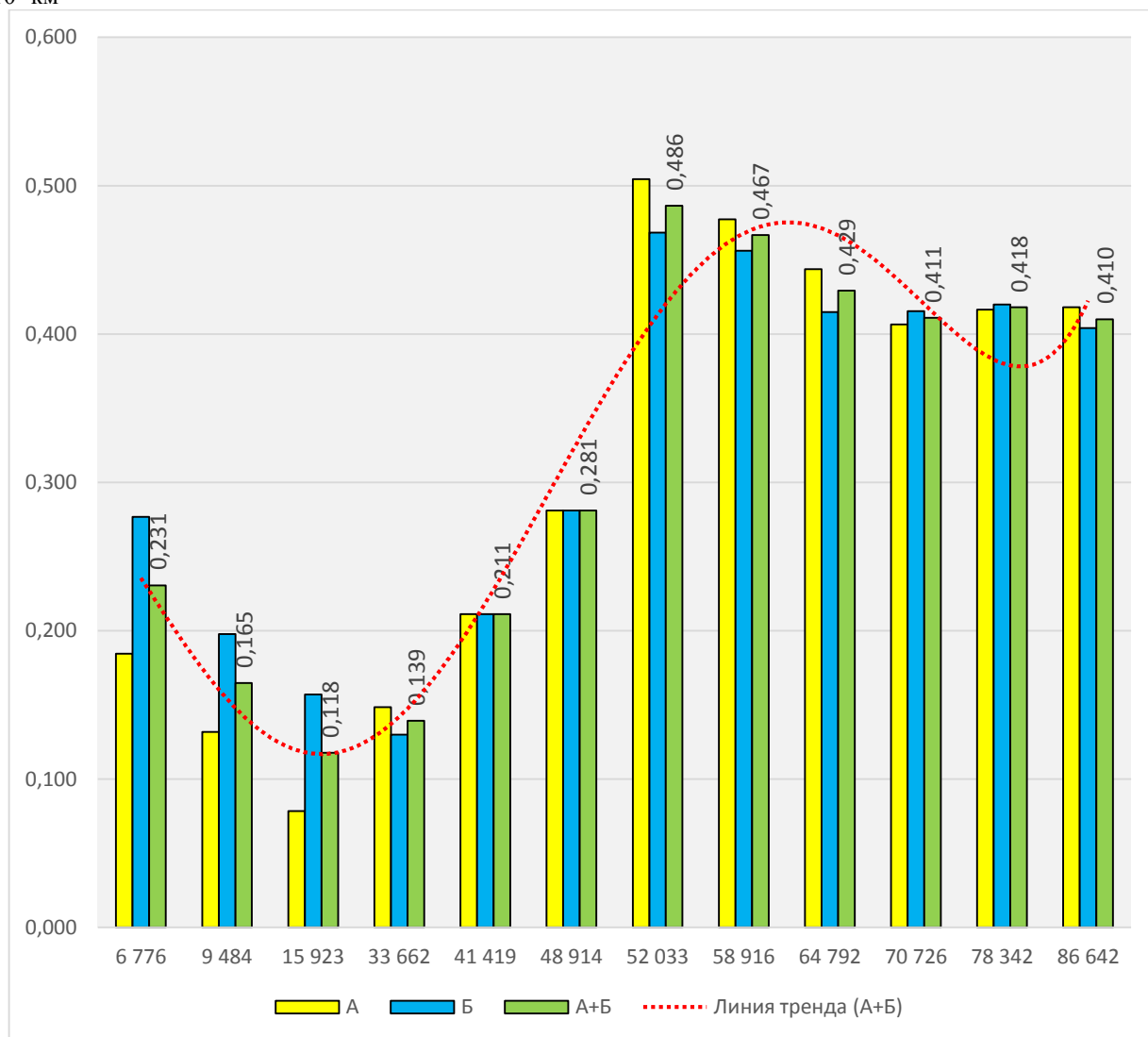
График изменения интенсивности изнашивания гребней колесных пар электровоза 2ЭС4К № 072 представлен на рисунке.

Показатели интенсивности изнашивания гребней колес и прогнозируемого ресурса колесных пар электровоза 2ЭС4К № 072, оборудованного устройствами УСГЛ, сравнивались с аналогичными показателями электровозов серии 2ЭС4К приписки СЛД Туапсе-Пассажирское, представленными в статистической отчетности формы ТО-3 за 2020 год. При этом учитывалось, что все электровозы вышеприведенных серий оборудованы гребнесмазывателями АГС-8 форсуночного типа. Сравнительные значения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средние значения износа гребней и ресурса колесных пар электровозов приписки СЛД Туапсе-Пассажирское по данным ТО-3 за 2020 год

Серия, номер	Средний фактический ресурс бандажа, тыс. км	Интенсивность износа гребней бандажа, мм/10 тыс. км	Пробег колесных пар между обточками, тыс. км
2ЭС4К парк	461,2	0,71	77,8
2ЭС4К № 072	Свыше 800 (прогноз)	0,41	120 (прогноз)

мм/10⁴ км

км пробега

График изменения интенсивности изнашивания гребней колес

Сопоставление представленных в табл. 1 данных позволило проанализировать эффективность применения устройств УСГЛ с точки зрения их влияния на износ и на ресурс колесных пар в сравнении с жидкостными гребнесмазываютелями бесконтактного типа и сделать соответствующие выводы о их влиянии на показатели локомотива.

Определяющим эффектообразующим фактором для локомотивов серии 2ЭС4К является тот факт, что по действующей технологии замена бандажа колесной пары осуществляется при проведении текущего ремонта в объеме ТР-3, который наступает при пробеге локомотива в 500 тыс. км, или при проведении среднего ремонта (СР), который наступает при пробеге локомотива в 1000 тыс. км (распоряжение ОАО «РЖД» № 2070/р от 21.09.2018).

При этом фактическое среднее значение ресурса бандажа колесной пары электровозов 2ЭС4К, оборудованных устройствами АГС-8, эксплуатируемых на Туапсинском участке Северо-Кавказской железной дороги, по данным ТО-3 за 2021 год составляет 461,2 тыс. км, что обуславливает необходимость замены бандажа колесной пары на текущем ремонте в объеме ТР1, а также еще одной замены колесной пары на ТР-3.

Эффекты и эффектообразующие факторы, получаемые при сравнении применения различных типов ГС, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Эффекты и эффектообразующие факторы, получаемые в результате применения ГС

Наименование эффекта	Эффектообразующие факторы
Увеличение доходов от перевозочной деятельности	Использование ГС позволяет снизить затраты на закупку бандажей колесных пар и их смену, на закупку новых колесных пар и их смену. Использование ГС влияет на натуральные показатели работы локомотивов: – увеличение среднесуточного пробега; – снижение количества заходов на обточку колес; – снижение затрат на проведение ТО-4

Оценка эффектов, которые получают собственники локомотивов от использования устройств ГС различных типов, проводилась по двум альтернативным сценариям.

Сценарий 1 – на электровоз 2ЭС4К устанавливается оборудование УСГЛ при проведении ремонта локомотива на локомотиворемонтном заводе или при строительстве локомотива.

Сценарий 2 – на электровоз 2ЭС4К устанавливается оборудование АГС-8 при проведении ремонта локомотива на локомотиворемонтном заводе или при строительстве локомотива. Эффекты определяются как разница между двумя сценариями.

Сводные результаты расчетов с оценкой приоритетности того или иного сценария представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчётов по сценариям

№ п.п.	Наименование показателей	Приоритетный сценарий
1.1	Суммарные инвестиционные затраты на ГС	Сценарий 1
1.2	Ежегодные операционные (амортизация) расходы	Сценарий 1
1.3	Ежегодные эксплуатационные расходы на простои при ТО-4	Сценарий 1
1.4	Ежегодные эксплуатационные расходы на ТО и ТР и закупку смазочных материалов	Сценарий 1
1.5	Ежегодные текущие расходы на смену бандажей колесных пар	Сценарий 1
1.6	Ежегодные текущие расходы на обточки колесных пар	Сценарий 1

Заключение

Проведенная в рамках исследования сравнительная оценка результативности применения различных по принципу действия устройств гребнесмазывания показала, что вариант с применением систем гребнесмазывания контактного типа УСГЛ на локомотивах 2ЭС4К имеет технико-экономическую перспективу, так как прогнозируется экономическая целесообразность внедрения технологии по сравнению с применением устройств жидкостного типа.

Сравнительный анализ основных показателей по сценариям показал, что эффект при использовании систем контактного типа УСГЛ, установленных на каждое колесо секции локомотива 2ЭС4К, достигается за счет:

- сокращения инвестиционных затрат на гребнесмазыватели и амортизационных отчислений;
- сокращения затрат на простой локомотива в ремонтах с обточкой колесных пар при снижении времени нахождения локомотивов в неэксплуатируемом парке;
- повышения доходов от перевозки грузов при увеличении среднесуточного пробега электровозов вследствие снижения времени простоя электровозов в ремонтах с обточкой колесных пар при ТО-4;
- сокращения текущих затрат на замену бандажей колесных пар при увеличении ресурса бандажей колес;
- сокращения текущих затрат на обточку колесных пар вследствие уменьшения количества обточек;

- повышения коэффициента технической готовности локомотивов по причине исключения простоя локомотивов в неплановых ремонтах (для обточек) колёсных пар;
- устранения внеплановых ремонтов колесных пар по причине неисправности бандажа.

Список литературы

1 Lubricator Casings for Locomotive Wheel Rim / V. A. Kokhanovskii, I. A. Maiba, D. V. Glazunov, & I. V. Bol'shikh // Russian Engineering Research. – 2016. – No. 5(36). – P. 364–365. – DOI 10.3103/S1068798X16050099.

2 **Bergman, E.** Friction propertied of spattered dichalcogenide Layers / E. Bergman, G. Melet, A. Simon-Vermet // Tribology International. – 1981 – No. 6(14). – P. 329–332.

3 **Эндрюс, Х. И.** Механизм сцепления / Х. И. Эндрюс // Железные дороги мира. – 1972. – (9). – С. 27–31.

4 **Mouginsteine, L.** Technical and Economical Problems of Locomotive Wheelsets Adhesion with Rail / L. Mouginsteine // Proceedings of ИНА'99 STS-Conference on Wheel/Rail Interface. – 1999. (1). – P. 307–311.

5 **Gage, S.** Evaluation of Century Oil Lubrication Products / S. Gage, R. Reiff : TTCI Report. – 1991. – P. 95–107.

6 **Майма, И. А.** Optimization of Tribotechnical Characteristics of Wheel-Rail Friction Modifiers / I. A. Mayba, D. V. Glazunov // Friction and wear. – 2020. – No. 6(41). – P. 517–520. – DOI 10.3103/S1068366620060136.

7 **Лужнов, Ю. М.** Управление фрикционным взаимодействием колес подвижного состава с рельсами – резерв снижения себестоимости перевозочной работы / Ю. М. Лужнов, А. Т. Романова // Инновационная экономика : информация, аналитика, прогнозы. – 2016. – № 3. – С. 11–15. – ISSN 2411-9520.

8 **Патент № 2 734 244 Российская Федерация.** Стержень гребнесмазывателя блочного типа : № 2019135431 : заявл. 11.05.2019 : опубл. 13.10.2020 / Майба И. А. – 10 с. : 2 ил.

9 **Патент № 2 680 584 Российская Федерация, МПК В61К 3/02(2006.01).** Способ смазывания гребней колёсных пар локомотивов твёрдыми антифрикционными элементами : № 2018115090 : заявл. 23.04.2018 : опубл. 22.02.2019 / Майба И. А., Лубягов А. М., Выщепан, А. Л. – 8 с. : ил.

10 **Патент № 2 670 338 Российская Федерация, МПК В61К 3/02(2006.01).** Система смазывания гребня : № 2017108842 : заявл. 16.03.2017 : опубл. 22.10.2018 / Майба И. А., Ананко А. М., Глазунов Д. В., Путилин С. В., Ильяшенко Г. В. – 11 с. : ил.

References

1 Lubricator Casings for Locomotive Wheel Rim / V. A. Kokhanovskii, I. A. Maiba, D. V. Glazunov, & I. V. Bol'shikh // Russian Engineering Research. – 2016. – No. 5(36). – P. 364–365. – DOI 10.3103/S1068798X16050099.

2 **Bergman, E.** Friction propertied of spattered dichalcogenide Layers / E. Bergman, G. Melet, A. Simon-Vermet // Tribology International. – 1981 – No. 6(14). – P. 329–332

3. **Andrews, H. I.** Clutch mechanism / H. I. Andrews // Railways of the world. – 1972. – (9). – P. 27–31

4 **Mouginsteine, L.** Technical and Economical Problems of Locomotive Wheelsets Adhesion with Rail / L. Mouginsteine // Proceedings of ИНА'99 STS-Conference on Wheel/Rail Interface. – 1999. (1). – P. 307–311.

5 **Gage, S.** Evaluation of Century Oil Lubrication Products / S. Gage, R. Reiff : TTCI Report. – 1991. – P. 95–107.

6 **Mayba, I. A.** Optimization of Tribotechnical Characteristics of Wheel-Rail Friction Modifiers / I. A. Mayba, D. V. Glazunov // Friction and wear. – 2020. – No. 6(41). – P. 517–520. – DOI 10.3103/S1068366620060136.

7 **Luzhnov, Yu. M.** Control of friction interaction of rolling stock wheels with rails – a reserve for reducing the cost of transportation work / Yu. M. Luzhnov, A. T. Romanova // Innovative Economy : information, analytics, forecast. – 2016. – No. 3. – P. 11–15. – ISSN 2411-9520.

8 **Patent No. 2,734,244 Russian Federation.** Block type comb lubricator rod : No. 2019135431 : application 11.05.2019 : publ. 13.10.2020 / Maiba I. A. – 10 p. : ill.

9 **Patent No. 2,680,584 Russian Federation, MKL B61K 3/02(2006.01).** Method of greasing the ridges of wheel pairs of locomotives with solid antifricition elements : No. 2018115090 : application dated 23.04.2018 : publ. 22.02.2019 / Maiba, I. A., Lubyagov, A. M., Vyshchepan, A. L. – 8 p. : ill.

10 **Patent No. 2,670,338 Russian Federation, MKL B61K 3/02(2006.01).** Comb lubrication system: No. 2017108842 : application 16.03.2017 : publ. 22.10.2018 / Maiba, I. A., Ananko, A. M., Glazunov, D. V., Putilin, S. V., Ilyashenko, G. V. – 11 p. : ill.

I. A. Maiba

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE METHOD OF LUBRICATING WHEEL RIDGES ON THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF THE LOCOMOTIVE

Abstract. The results of the operation of the comb lubrication devices of various methods of lubrication are presented: contact and liquid. The influence of lubrication technology on the formation of locomotive operational efficiency indicators was studied using the example of a fleet of electric freight locomotives of one series, on which contact and liquid type ridge lubrication devices are installed. The effect-forming factors obtained during the application of comb lubrication devices and the distribution of effects between the Traction Directorate and the Service Company providing maintenance of locomotives with installed comb lubricators are determined.

A comparative analysis of two scenarios with the use of contact and liquid type comb lubricators and a comparison of the main indicators determining the technical and economic efficiency of the use of comb lubricators is carried out.

Keywords: lubricating flanges devices, effect-forming factors, bandage resource, wheelset resource, comb turning, investment costs, operating costs, technical and economic efficiency, the results of the use of comb lubrication devices.

For citation: Maiba, I. A. Investigation of the influence of the method of lubricating wheel ridges on the operational efficiency of the locomotive / I. A. Maiba // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 34–40. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_4_34.

Сведения об авторах

Майба Игорь Альбертович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
факультет «Дорожно-строительные машины»,
доктор технических наук, профессор, декан,
e-mail: mia@rgups.ru

Information about the authors

Maiba Igor Albertovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Road Building Machines»,
Doctor of Engineering Science, Professor, Dean,
e-mail: mia@rgups.ru