

Оценка состояния буксовых узлов колесных пар грузовых вагонов с использованием вибродиагностического стенда ОМСД-03

Л. В. Мартыненко, М. Г. Кушков✉

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

✉ mihail.kushkov@yandex.ru

Резюме

В статье рассмотрен комплекс вибродиагностики ОМСД-03, предназначенный для выявления возможных дефектов и неисправностей подшипниковых узлов. Предложены рекомендации и мероприятия, направленные на повышение безопасности движения подвижных составов, которые эксплуатируются в том числе и на горно-перевальных участках Восточного полигона. Наличие отказов и неисправностей напрямую связано с условиями эксплуатации, особенно в осенне-зимний период. Наиболее частой неисправностью в работе подшипниковых узлов является обводнение смазки, которое приводит к потере ее свойств. Например, в условиях резких температурных перепадов (в осенне-зимний период) пластическая смазка в буксе типа ЛЗ-ЦНИИ меняет свои свойства, в том числе за счет обводнения и образования кристаллов льда. Эти кристаллы вызывают изменение коэффициента трения, разрушение сепараторов и заклинивание подшипников. Любое нарушение работоспособности подшипникового узла приводит к частичному или полному его отказу. Срабатывание систем многофункционального комплекса технических средств и постов безопасности зачастую вынуждает производить выкатку колесной пары и обследовать ее на вибродиагностическом стенде ОМСД-03. Результаты тестовых исследований колесной пары на стенде ОМСД-03 позволяют установить причины отказа буксовых узлов и принять меры по ее восстановлению, обеспечивая при этом безопасность движения состава в целом. После каждого схода вагона колесные пары проходят полную ревизию и обследование на ОМСД-03 по акту расследования.

Ключевые слова

вибродиагностический стенд ОМСД-03, подшипниковый узел, подвижной состав, колесная пара, обводнение смазки, изменение коэффициента трения, разрушение сепаратора, заклинивание подшипника, комплекс технических средств многофункциональный, автоматический контроль технического состояния железнодорожного подвижного состава

Для цитирования

Мартыненко Л. В. Оценка состояния буксовых узлов колесных пар грузовых вагонов с использованием вибродиагностического стенда ОМСД-03 / Л. В. Мартыненко, М. Г. Кушков // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 1 (69). – С. 97–103. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.1(69).97-103

Информация о статье

поступила в редакцию: 15.08.2020, поступила после рецензирования: 18.08.2020, принята к публикации: 21.10.2020

Assessment of the condition of axle box units of wheelsets of freight railcars using the vibration diagnostic stand OMSD-03

L. V. Martynenko, M. G. Kushkov✉

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

✉ mihail.kushkov@yandex.ru

Abstract

The article describes the complex of vibration diagnostics OMSD-03 designed to detect possible defects and malfunctions of bearing units. It proposes recommendations and measures aimed at improving the safety of rolling stock that is also operated on the mountain-pass sections of the Eastern polygon. The presence of failures and malfunctions is directly related to operating conditions, especially in the autumn and winter period. The most frequent malfunctions in the operation of bearing units are the lubricant watering, which leads to the loss of its properties. For example, in conditions of sharp temperature changes (in the autumn and winter period), the plastic lubricant in the box of the LZ-TsNII type changes its properties due to watering and the formation of ice crystals. These crystals induce a change in the friction coefficient, the possibility of destruction of separators and the seizure of bearings. Any malfunction of the bearing unit leads to partial or complete failure. The activation of the KTSM systems and safety posts often forces the wheelset to be rolled out and examined on the vibration diagnostic stand OMSD-03. The results of test studies of the wheelset on the stand OMSD-03 allows you to determine the reasons for the failure of the axle box units and take measures to restore it, while ensuring the safety of the movement of the train as a whole. After each railcar derailment, the wheel pairs undergo a full audit and examination on the OMSD-03 according to the act of investigation.

Keywords

Vibration diagnostic stand OMSD-03, bearing unit, rolling stock, wheelset, watering of lubricant, change in the friction coefficient, destruction of separators, seizure of a bearing, multifunctional complex of technical means, automatic control of a technical condition of the railway rolling stock

For citation

Martynenko L. V., Kushkov M. G. Otsenka sostoyaniya buksovykh uzlov kolesnykh par gruzovykh vagonov s ispol'zovaniem vibrodiagnosticheskogo stenda OMSD-03 [Assessment of the condition of axle box units of wheelsets of freight railcars using the vibration diagnostic stand OMSD-03]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovaniye* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2021, No. 1 (69), pp.97–103.– DOI: 10.26731/1813-9108.2021.1(69).97-103

Article Info

Received: 15.08.2020, Revised: 18.08.2020, Accepted: 21.10.2020

Введение

Важную роль в развитии и функционировании экономики страны играет железнодорожный транспорт. Он обеспечивает своевременное, качественное и полное удовлетворение потребностей всех отраслей деятельности и населения в перевозках. В настоящее время увеличение объема перевозимых грузов влияет не только на безопасность движения подвижного состава, но и отражается на его техническом состоянии [1–5].

Решение этих сложных задач осуществляется с помощью включения ряда основных мероприятий:

- снижение количества внеплановых отцепок;
- внедрение современного оборудования для своевременного обнаружения и устранения неисправностей в деталях и узлах подвижного состава;
- увеличение гарантийных участков с высоким уровнем обеспечения безопасности движения.

Возрастание интенсивности движения грузовых поездов привело к тому, что увеличились требования к безопасности, особенно к ходовым частям вагона (фрикционных узлов, пружинных комплектов, поглощающих аппаратов и буксовых узлов в целом). В результате более 25 % отцепок вагонов происходит по неисправности узлов тележек. Для того чтобы соответствовать этим требованиям, необходимо обеспечить безопасность движения подвижного состава, поэтому предприятия уделяют огромное внимание внедрению современного оборудования контроля и диагностики. Проблема качества и надежности остро стоит перед предприятиями, выпускающими технически сложное оборудование, выход из строя которого может повлечь человеческие жертвы или крупные материальные потери.

Вибродиагностический комплекс OMSD-03

Комплекс вибродиагностики OMSD-03 предназначен для выявления дефектов и неисправностей с помощью измерений виброакустических сигналов, идущих от тел качения подшипника. Колесные пары, которые являются источником срабатывания комплекса технических средств мониторинга (КТСМ) в движении, как правило выкатываются и обследуются с помощью вибродиагностики. Буксовый узел в движении всегда находится под силовой нагрузкой от массовых сил. Так, например, в условиях резких температурных перепадов (в осенне-зимний период) пластическая смазка в буксе (буксол, ЛЗ–ЦНИИ), меняет свои свойства, в том числе

за счет обводнения и образования кристаллов льда. Эти кристаллы могут изменять коэффициент трения, вызывать разрушение сепараторов и заклинивание подшипников. Далее показаны наиболее часто встречающиеся неисправности буксового узла, где основными являются отказы деталей крепления и тел качения подшипника (ролика) (рис. 1).

После замены подшипников скольжения на подшипники качения увеличилось количество сходов, обусловленных интенсивными колебаниями вагонов, особенно в порожнем состоянии. Колебания вагонов возникают по разным причинам, одной из них является неправильная работа буксовых узлов, вызванная внутренними неисправностями, которые создают дополнительную динамику подвижного состава. Буксовый узел – важнейший конструктивный элемент, он обеспечивает вращение колесной пары при движении, а также служит для передачи на ось статических и динамических нагрузок. Известно, что колесная пара обеспечивает непосредственный контакт колеса с рельсом, от ее технического состояния зависит безопасность движения. Взаимодействие колеса и рельса имеет сложный характер и сопровождается качением, поперечным и продольным проскальзыванием [6–7]. Динамические воздействия на рельс могут возбуждать симметричные (сжатия – растяжения) и асимметричные (изгибные) методы колебаний. Увеличение колебаний может привести к дополнительным вертикальным и боковым силам, которые могут привести к вползанию колеса на рельс или к излому шейки оси, что повлечет сход подвижного состава. Своевременное обнаружение и устранение неисправностей обеспечит безопасность движения подвижного состава (рис. 2).

Комплекс OMSD-03 включает:

- систему вибродиагностики подшипников буксовых узлов в составе стэнда и размещенного в нем программно-аппаратного модуля [8];
- систему вибродиагностики буксовых узлов колесных пар в составе стэнда и программно-аппаратного модуля, размещаемого в шкафу управления.

Стэнд вращения колесной пары обеспечивает:

- разгон колесной пары до частоты не менее 280 об/мин;
- торможение и остановку в заданном режиме;
- измерение частоты вращения с помощью оптического датчика.

Программный комплекс диагностики механизмов (ПКДМ) осуществляет:

- сбор и хранение диагностической информации;
- выдачу результатов диагностики в формате годен / брак;
- получение сводных отчетов за установленный период и развернутых по выбранному объекту;
- передачу информации о проведенных замерах

по системе передачи данных ОАО «РЖД» или через Интернет.

Преимущества комплекса ОМСД-03:

1. Исключено влияние человеческого фактора. Организован режим автоизмерения, который позволяет в автоматическом режиме с учетом проведения обкатки колесной пары производить весь цикл работ. Данная операция сводит до минимума влияние

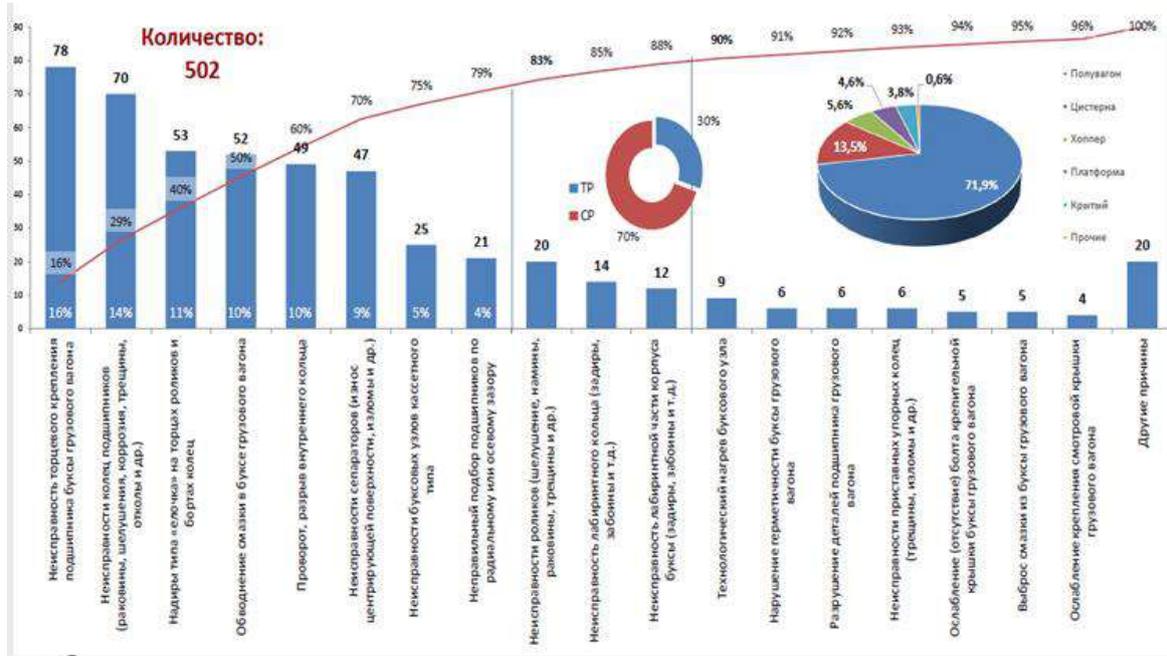


Рис. 1. Отказы буксовых узлов

Fig. 1. Failures of axle boxes



Рис. 2. Система вибродиагностики ОМСД-03

Fig. 2. Vibration diagnostics system OMSD-03

человека на весь процесс диагностики, исключает проведение измерений с приведенными разгонными роликами, измерения проводятся на заданной постоянной частоте вращения.

2. Исключена возможность записи одной колесной пары под разными номерами.

3. Сенсорный экран, который позволяет визуаль-но контролировать весь процесс диагностики и более эргономичен, так как работа с клавиатурой и мышкой сведена к минимуму.

4. Используются оптические датчики высокого разрешения, которые позволяют фокусироваться только на специальном отметчике, установленном на колесе, не реагирующие на меловые и иные надписи, часто имеющие место быть после проведенного ремонта в депо.

5. Датчики имеют промышленное исполнение и оснащены встроенными усилителями, что обеспечивает лучшее соотношение сигнала и шума и невосприимчивость системы к производственным помехам (работа кран-балки или сварки вблизи системы, случайными ударными составляющими – прокатывание колесной пары, удары кувалдой и т. д.). Также исключена возможность несанкционированного изменения параметров усиления.

6. В ПКДМ добавлена возможность измерения температуры буксовых узлов, что позволяет использовать бесконтактные пирометры, результаты которых учитываются в диагностике.

7. Техническое исполнение органов управления и шкафа исключает возможность «разграбления» в условиях депо.

С помощью системы вибродиагностики колес-

ных пар на стенде производится обкатка колесной пары и выявляются дефекты подшипников буксовых узлов. Система имеет узел осевого нагружения, что позволяет диагностировать колесные пары не только с роликовыми подшипниками, но и с подшипниками кассетного типа. Система выявляет следующие неисправности:

- дефекты сборки подшипника;
- повреждения сепаратора;
- дефекты тел качения;
- износ тел качения;
- дефекты наружного и внутреннего кольца;
- повреждения поверхностей катания (коррозия, шелушение поверхностей катания).

В системе присутствует модуль корреляционно-го анализа, который не позволяет проводить диагностику одного и того же объекта под разными номерами. Модуль предварительной обработки сигналов не допускает к анализу сигналы, записанные с нарушением технологии и недопустимые для проведения диагностики. Во всех системах исключено влияние человеческого фактора на процесс диагностики, принятие окончательного диагностического решения и изменение диагностических критериев. При проведенных исследованиях был замечен дисбаланс колесной пары, который возникает при нарушениях работы подшипников в буксовом узле.

Оценка методов системы диагностирования

Состояние буксовых узлов колесных пар, которые были изъяты с сошедших вагонов, прошли техническую диагностику на стенде ОМСД-03 для выявления дефектов и неисправностей подшипников.

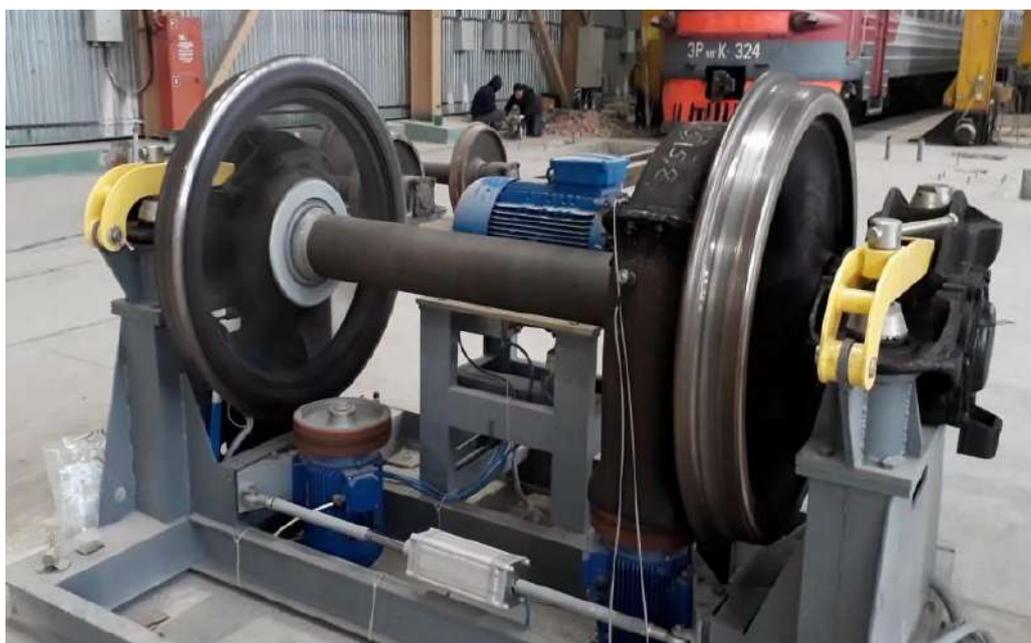


Рис. 3. Стенд вибродиагностики буксового узла

Fig. 3. Stand for the vibration diagnostics of the axle box unit

В одной из букс тележки на роликах видны пятна цвета побежалости, это говорит о том, что было подклинивание тел качения подшипника. КТСМ в одном из проходов накануне схода у этой тележки констатировал наличие неисправностей и прописал команду «Тревога 0». После снижения скорости движения на 20 км/ч замечена закономерность по снижению температуры нагрева буксовых узлов ниже «тревожных» значений. Рассмотренные выше два случая состояния технических объектов, которые подтверждают необходимость глубокого анализа всех элементов сложной системы «локомотив – вагон – путь». С точки зрения повышения надежности работ буксовых узлов наиболее продуктивным является использование снятых диаграмм с вибродиагностического стенда ОМСД-3 и их глубокий анализ. Далее представлен стенд вибродиагностики буксового узла (рис. 3).

С помощью встроенной системы, в которой присутствуют модули корреляционного анализа, можно проводить диагностику одного и того же объекта под разными номерами. Модуль предварительной обработки сигналов не допускает к анализу сигналы, записанные с нарушением технологии и недопустимые для проведения диагностики. Устойчивость порожних вагонов намного меньше, чем груженых, это обусловлено тем, что при малых нагрузках на пружины уменьшаются силы, действующие между боковыми рамами и надрессорной балкой, связанными элементами рессорного подвешивания тележки [9, 10].

Анализ обследования колёсной пары

На рис. 4 приведены диаграммы обследования колесной пары на вибродиагностическом стенде, где в диапазоне 4–5 участка выявлены отклонения. При осмотре поверхности катания роликов и внутреннего кольца обнаружены поверхностные микрострук-

турные разрушения (растрескивание). Для сравнительного анализа использовались изъятые диаграммы предыдущих измерений с этой колесной пары и сравнивались с диаграммами после схода.

Из данной диаграммы была сделана таблица по исследованиям колесной пары с нарушениями дисбаланса из-за дефектов на роликах подшипника, что, естественно, влияет на динамику движения подвижного состава, в том числе на непогашенное ускорение. Если норма $a_{\text{нп}} = 0,3$, то дисбаланс колесной пары увеличивает его еще на 0,1–0,2 м/с², что значительно влияет на динамику движения подвижного состава.

Приведены повреждения и износы деталей подшипника, которые были выявлены при диагностике буксового узла (табл.). Замеры проводились на вибродиагностическом стенде ОМСД-03 при разных частотах и диапазонах. Данные, полученные при проверке, формировались в таблицу с указанием предельных и измеренных уровней вибрации буксового узла. Жирным шрифтом выделены диапазоны, превышающие норму, а также наименования дефектов, которые привели к дисбалансу колесной пары. В нашем случае дефекты внутреннего кольца и дефекты тел качения привели к дополнительной вибрации колесной пары и явились причиной заклинивания.

В результате обследования колесной пары методом вибродиагностики букс, приходим к выводу, что дальнейшая эксплуатация узла недопустима.

Взаимодействие поверхностей колеса и рельса, а также работа элементов конструкции ходовых частей подвижного состава изменяются в зависимости от скорости движения [12–15]. Потеря устойчивости и возникновение колебаний виляния происходит, когда нарушается взаимосвязь между рельсом и колесом. Таким образом, источником взаимосвязи колеса с рельсом является состояние поверхности ка-

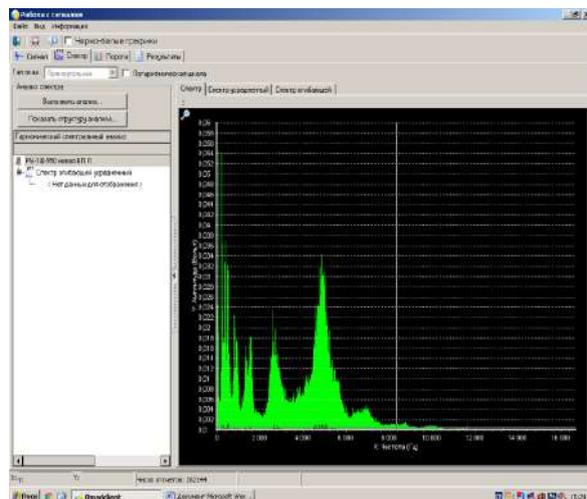
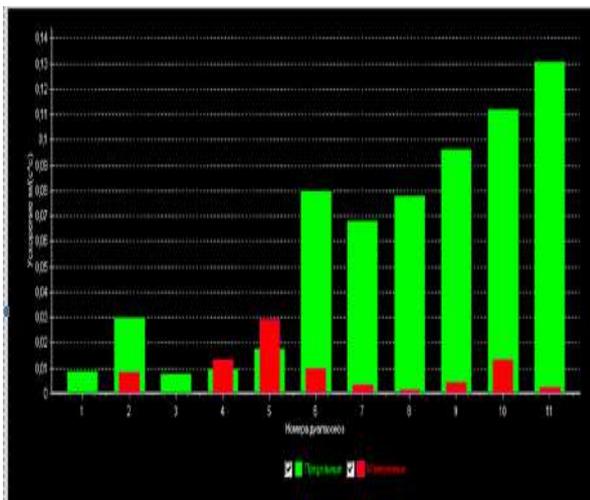


Рис. 4. Диаграммы обследования колесной пары
Fig. 4. Wheelset inspection diagrams

Повреждения и износы деталей подшипника
Damage and wear of bearing parts

Диапазон	Частоты, Гц	Предельный уровень	Фактический уровень	Наименование дефекта
1	2–3	0,009	0,000086	Повреждение сепаратора
2	3–5	0,03	0,008521	Износ внутреннего кольца
3	6–8	0,008	0,000242	Дефекты тел качения подшипника
4	8–11	0,01	0,013479	Дефекты внутреннего кольца
5	11–27	0,018	0,029075	Дефекты тел качения
6	27–33	0,08	0,00992	Дефекты наружного кольца
7	33–47	0,068	0,00351	Дефекты внутреннего кольца
8	52–67	0,078	0,001602	Дефекты наружного кольца
9	67–81	0,096	0,004405	Дефекты внутреннего кольца
10	150–900	0,112	0,013438	Дефекты на поверхностях катания
11	900–2 000	0,131	0,002696	Повреждения поверхностей катания подшипника

тания колесных пар и возможность их колебаний в рельсовой колее, что обусловлено жесткостью связей элементов тележки и сопротивлением ее повороту относительно вагонов [16–18].

Многочисленные исследования выявили значительное влияние формы профиля колеса на устойчивость движения подвижного состава. При расследовании сходов выявилась следующая зависимость, которая привела к определенной системе взаимосвязи, состоящей из трех составляющих: износ колеса, толщина гребня и скорость подвижного состава. Исследования показали, что скорость 30 км/ч – параметр сброса скорости на участке в зависимости от наличия дефектов на поверхности катания колеса.

Заключение

Проведенная оценка состояния буксовых узлов колесных пар после схода в колее позволила определить техническое состояние и выявить неисправности с использованием вибродиагностического стенда ОМСД-03. Опыт использования этой установки на ремонтных предприятиях Восточно-Сибирской железной дороги позволяет провести пошаговый анализ и выработать мероприятия, направленные на предупреждение технических событий и повышение безопасности движения.

Список литературы

1. Шахуняц Г.М. Железнодорожный путь. М. : Транспорт, 1987. 479 с.
2. Анисимов П.С. Конструирование и расчет вагонов. М. : УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2011. 688 с.
3. Лысюк В.С. Причины и механизмы схода колеса с рельса. М. : Транспорт, 2002. 215 с.
4. Пухов И.В. Между колесом и рельсом // Гудок. 2013. Вып. 207 (26346). 22 нояб. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1393921> (дата обращения 30.04.2020).
5. Лукин В.В., Анисимов П.С., Федосеев Ю.П. Вагоны. Общий курс. М. : Маршрут, 2004. 424 с.
6. Ромен Ю.С., Певзнер В.О. Основы разработки нормативов содержания пути и установления скоростей движения. М. : Интекст, 2013. 224 с.
7. Ромен Ю.С. Динамика железнодорожного экипажа в рельсовой колее: методы расчета и испытаний. М. : ВМГ-Принт., 2014. 208 с.
8. Техническая диагностика вагонов : учебник. В 2 ч. / под ред. В.Ф. Криворудченко. М. : УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2013. 2 ч.
9. Быков Б.В. Конструкция тележек грузовых и пассажирских вагонов : учеб. пособие. М. : Маршрут, 2004. 36 с.
10. Вершинский С.В., Данилов В.Н., Хусидов В.Д. Динамика вагона. 3-е изд. М. : Транспорт, 1991. 360 с.
11. Технология вагоностроения и ремонта вагонов: учеб. для вузов / под ред. В.С. Герасимова. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Транспорт, 1988. 381 с.
12. Иванова В.Ю. МДК 02.01 Организация работы и управление подразделением организации (вагоны): фонд оценочных средств. М. : УМЦ ЖДТ, 2020. 40 с.
13. Инструкция по техническому обслуживанию вагонов в эксплуатации (инструкция осмотрищику вагонов) № 808-2017-ПКБ-ЦТ // СЦБИСТ : сайт. URL: <http://scbist.com/vagony-i-vagonnoe-hozyaistvo/51286-instrukciya-po-vagonov-v-ekspluatcii-instrukciya-osmotrschiku-vagonov-808-2017-pkb-cv.html> (дата обращения 17.04.2021).
14. Шадур Л.А. Вагоны. Конструкция, теория и расчет. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Транспорт, 1980. 439 с.
15. Саперов А.В. Как повысить надежность буксового узла // Вагоны и вагонное хозяйство. 2009. № 3. С. 13–15.
16. Тимакова Е.А. «Буксол» больше не забуксует // Гудок. 2017. Вып. 124 (26263). 25 июл. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1381119> (дата обращения 20.04.2020).

17. Грачева Л.О., Певзнер В.О., Анисимов П.С. Показатели динамики и воздействия на путь грузовых четырехосных вагонов при различных износах тележек и отступлениях от норм содержания в прямых участках пути : сб. науч. тр. ВНИИЖТ. Вып. 549. М. : Транспорт, 1976. С. 4–25.

18. Автоматический контроль геометрических параметров колесных пар во время движения поезда / А.Н. Байбаков, В.М. Гуренко, В.И. Патерикин и др. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lazernyy-diagnosticheskiy-kompleks-dlya-kontrolya-kolesnyh-par-vagonov-na-hodu-poezda> (дата обращения: 06.05.2019).

References

1. Shakhunyats G.M. Zheleznodorozhnyi put'. [Railway track]. Moscow: Transport Publ., 1987. 479 p.
2. Anisimov P.S. Konstruirovaniye i raschet vagonov [Design and calculation of railcars]. Moscow: FGOU "UMTS" Publ., 2011. 688 p.
3. Lysyuk V.S. Prichiny i mekhanizmy skhoda koleasa s rel'sa [Causes and mechanisms of a wheel derailment]. Moscow: Transport Publ., 2002. 215 p.
4. Pukhov I.V. Mezhdru koleosom i rel'som [Between the wheel and the rail]. *Gudok*, Iss. 207 (26346), 22.11.2013 [Electronic media]. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1393921> (Accessed: April 30, 2020).
5. Lukin V.V. Anisimov P.S. Fedoseev Yu.P. Vagony. Obshchii kurs [Railcars. The general guidelines]. Moscow: Marshrut Publ., 2004. 424 p.
6. Romen Yu.S. Pevzner V.O. Osnovy razrabotki normativov soderzhaniya puti i ustanovleniya skorostei dvizheniya [Bases of development of standards of the track maintenance and setting of traffic speeds]. Moscow: Intekst Publ., 2013. 224 p.
7. Romen Yu.S. Dinamika zheleznodorozhnogo ekipazha v rel'sovoi kolee: metody rascheta i ispytaniye Tekhnicheskaya diagnostika vagonov: ucheb. dlya studentov, obuchayushchikhsya po spetsial'nosti 190300.65 «Podvizhnoi sostav zheleznykh dorog» VPO: v 2 ch. Pod red. V.F. Krivorudchenko [Dynamics of the railway vehicle in the rail track gauge: methods of calculation and testing. In Krivoruchko V.F. (ed.) Moscow: VMG-Print Publ., 2014. 208 p.
8. Akhmezhdanov R.A. et al. [Technical diagnostics of railcars. A textbook for students studying in the specialty 190300.65 "Railway rolling stock" HPE: in 2 parts]. Moscow: Educational and methodological center of education in railway transport Publ., 2013
9. Bykov B.V. Konstruktsiya telezhok gruzovykh i passazhirskikh vagonov: uchebnoe posobie [Design of trucks and passenger railcars: an illustrated textbook]. Marshrut Publ., 2004. 36 p.
10. Vershinskii S.V., Danilov V.N., Khusidov V.D. Dinamika vagona [The dynamics of the railcar]. 3rd edition, 1991. 360 p.
11. Gerasimov V.S., Skiba I.F., Kernich B.M. et al. Tekhnologiya vagonostroeniya i remonta vagonov: ucheb. dlya vuzov. Pod red. V.S. Gerasimova [The technology of the railcar building and railcar repair: A textbook for universities. In Gerasimov V.S. (ed.) 2nd ed., revised and enlarged. Moscow: Transport Publ., 1988. 381 p.
12. Ivanova V.Yu. MDK 02.01 Organizatsiya raboty i upravlenie podrazdeleniem organizatsii (vagonov) (razdel 3) (tema 3.3): fond otsenochnykh sredstv [MDK 02.01 Organization of work and management of the organization's division (railcars) (section 3) (topic 3.3): Fund of evaluation means]. Moscow: UMTS ZhDT Publ., 2020. 40 p.
13. Instruksiya po tekhnicheskomu obsluzhivaniyu vagonov v ekspluatatsii (instruksiya osmotrshchiku vagonov) No. 808-2017-PKB-TsT. [Instructions for maintenance of railcars in operation (instructions to the railcar inspector) No. 808-2017-PKB-CT].
14. Shadur L.A. (ed.) Vagony. Konstruktsiya, teoriya i raschet [Railcars. Construction, theory and calculation]. 3rd ed., revised and enlarged. Moscow: Transport Publ., 1980. 439 p.
15. Saperov A.V. Kak povysit' nadezhnost' buksovogo uzla [How to increase the reliability of the axle box assembly]. *Vagonny i vagonnoe khozyaistvo [Railcars and railcar facilities]*, 2009. No. 3. Pp. 13–15.
16. Timakova E.A. «Bukso!» bol'she ne zabuksuet. ["Bukso!" isn't going to stall any longer]. *Gudok*, Iss. 124 (26263), 25.07.2017 [Electronic media]. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1381119> (Accessed: April 20, 2020).
17. Gracheva L.O., Pevzner V.O., Anisimov P.S. Pokazateli dinamiki i vozdeistviya na put' gruzovykh chetyrekhosnykh vagonov pri razlichnykh iznosakh telezhok i otstupleniyakh ot norm soderzhaniya v pryamykh uchastkakh puti [Indicators of dynamics and impact on the track of cargo four-axle railcars at various wear of bogies and deviations from the standards of maintenance in straight sections of the track]. *Sb. nauch. tr. VNIIZhT [Proceedings of Railway research institute of JSC Russian Railways]*. Iss. 549. Moscow: Transport Publ., 1976. Pp. 4–25.
18. Baibakov A.N., Gurenko V.M., Paterikin V.I., Yunoshev S.P., Plotnikov S.V., Sotnikov V.V., Chugui Yu.V. Avtomaticheskii kontrol' geometricheskikh parametrov koleznykh par vo vremya dvizheniya poezda [Automatic control of geometric parameters of wheel pairs during train movement] [Electronic media]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lazernyy-diagnosticheskiy-kompleks-dlya-kontrolya-kolesnyh-par-vagonov-na-hodu-poezda> (Accessed: May 06, 2019).

Информация об авторах

Мартыненко Любовь Викторовна – старший преподаватель кафедры вагонов и вагонного хозяйства, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: liuba.martinenko@yandex.ru

Кушков Михаил Геннадьевич – аспирант, кафедры вагонов и вагонного хозяйства, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: mikhail.kushkov@yandex.ru

Information about the authors

Lyubov' V. Martynenko – senior lecturer of the Subdepartment of Railcars and Railcar Facilities, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: liuba.martinenko@yandex.ru

Mikhail G. Kushkov – Ph.D. student of the Subdepartment of Railcars and Railcar Facilities, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: mikhail.kushkov@yandex.ru