

И.В. Ковригина¹, Р.С. Большаков², Е.С. Мосиенко¹

¹Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Российская Федерация

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

АНАЛИЗ РАБОТЫ СРЕДСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ХОДУ ПОЕЗДА (КТСМ) ЗА 2021-2024 ГГ.

Аннотация. Для повышения безопасности железнодорожных перевозок на сети железных дорог применяются различные средства автоматического контроля технического состояния подвижного состава. Средства автоматического контроля технического состояния подвижного состава на ходу поезда в течении последних лет стали одним из главных составляющих в обеспечении безопасности движения поездов. В работе рассмотрен анализ работы средств автоматического контроля технического состояния подвижного состава на ходу поезда (КТСМ) за 2021-2024 гг. на Забайкальской железной дороге для оценки среднего уровня нагрева букс с различными типами подшипников для разных направлений движения. В результате, проведенного анализа определили, что величина нагрева буксовых узлов с различными типами подшипников имеет разные температурные значения, что определяется зависимостью участка пути с большими перепадами скорости и кривыми малого радиуса.

Ключевые слова: *КТСМ, буксовый узел, подшипник, моделирование.*

I.V. Kovrigina¹, R. S. Bolshakov², E.S. Mosienko¹

¹Transbaikal Institute of Railway Transport, Chita, Russian Federation

¹Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

ANALYSIS OF THE OPERATION OF AUTOMATIC MONITORING EQUIPMENT FOR THE TECHNICAL CONDITION OF ROLLING STOCK ON THE MOVE (KTSM) FOR 2021-2024

Abstract. *To improve the safety of rail transportation on the railway network, various means of automatic control of the technical condition of rolling stock are used. Means of automatic control of the technical condition of rolling stock on the move of the train have become one of the main components in ensuring the safety of train traffic in recent years. The paper examines the analysis of the operation of automatic monitoring equipment for the technical condition of rolling stock on the move (KTSM) for 2021-2024 on the Trans-Baikal Railway to assess the average heating level of axle boxes with different types of bearings for different directions of travel. As a result of the analysis, it was determined that the heating value of axle boxes with different types of bearings has different temperature values, which is determined by the dependence of the track section with large speed differences and small radius curves.*

Keywords: *KTSM, axle box unit, bearing, modeling.*

Введение

Нынешняя макроэкономическая ситуация обуславливает переориентацию грузопотоков независимо от направлений и используемых видов транспорта. В связи с этим необходимо отметить приоритетность железнодорожного транспорта как самый массовый и устойчивый вид магистрального транспорта. Эксплуатационная нагрузка на подвижной состав железнодорожного транспорта многократно возросла, что требует особого внимания к оценке технического состояния всех узлов и агрегатов грузовых вагонов [1-3].

Поддержание технического состояния вагонов в текущих условиях эксплуатации является важнейшим направлением развития железнодорожной отрасли. Необходим учет динамических нагрузок при различных условиях движения поездов, в том числе с учетом кривых малого радиуса, различной жесткости пути и наличия протяженных горно-перевальных участков железнодорожного пути [4-6]. Наличие исследований в данной области необходимо дополнять оценкой работы автоматизированных систем контроля технического состояния подвижного состава.

Системы автоматизированного контроля буксовых узлов являются одним из важнейших инструментов контроля температурных параметров буксовых узлов. Основной задачей применения таких комплексов является обнаружение отказов подшипников колесных пар на раннем этапе появления неисправности [7-12].

В предлагаемой статье рассматриваются статические данные по работе КТСМ за длительный промежуток времени.

Материалы и методы

Средства автоматического контроля технического состояния подвижного состава на ходу поезда в течении последних лет стали одним из главных составляющих в обеспечении безопасности движения поездов. По состоянию на 1 июля 2024 года на Забайкальской железной дороге в эксплуатации находится 266 комплектов средств автоматического контроля технического состояния подвижного состава на ходу поезда. Из них КТСМ-02 – 216 единицы и КТСМ-03 – 10 единиц, что составляет, соответственно 81,2% и 18,8 % от их общего количества.

Таблица 1

Оснащённость дороги средствами технического состояния подвижного состава на ходу поезда по состоянию на 01.07.2024 года

Тип аппаратуры	Подразделение				
	Итого В	ВЧДЭ - 3	ВЧДЭ - 6	ВЧДЭ - 7	ВЧДЭ - 13
КТСМ - 02	216	50	73	67	26
КТСМ - 03	10	9	1	0	0
ПКЛ	40	6	18	10	6
Всего	266	65	92	77	32

Для основные показатели работы КТСМ используется система СКАТ ОАО «РЖД». Программное обеспечение «СКАТ» предназначено для приёма, обработки и отображения информации в реальном масштабе времени от аппаратуры контроля технического состояния подвижного состава в пути следования.

По данным СКАТ ОАО «РЖД» за 12 месяцев 2024 года аппаратурой КТСМ проконтролировано 1464715 поездов, остановлено 288 поездов по неисправности буксового узла, 69 поездов по заторможенности колесных пар, подтверждена правильность показаний 357 случаях, подтверждаемость показаний средств контроля составила 98,4%. В сравнении с аналогичным периодом 2023 года подтверждаемость снизилась на 1,6%. За аналогичный период 2023 года аппаратурой КТСМ проконтролировано 1509018 поездов, остановлено 472 поезда по неисправности буксового узла, 78 поездов по заторможенности колесных пар, подтверждена правильность показаний в 550 случаях, подтверждаемость показаний средств контроля составила 100 %.

Таблица 2

Показатель роста оснащённости средствами контроля КТСМ за период с 2021 по 2024 год

Тип аппаратуры	2021 год		2022 год		2023 год		2024 год	
	КОМПЛЕКТОВ	%	КОМПЛЕКТОВ	%	КОМПЛЕКТОВ	%	КОМПЛЕКТОВ	%
КТСМ	192	84,9	197	87,6	201	88,9	226	100

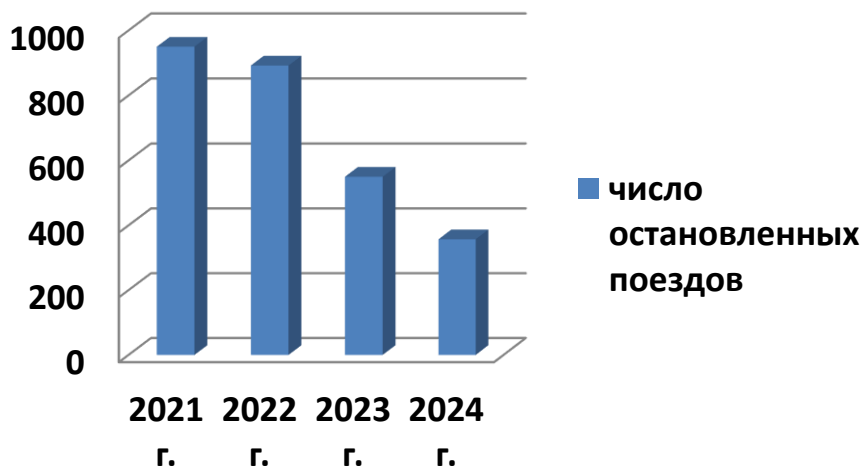


Рис. 1. Количество остановленных поездов по показаниям средств контроля КТСМ за период с 2021-2024 года

На основе анализа работы КТСМ по данным система СКАТ ОАО «РЖД», в соответствии рис.1, в период с 2023 по 2024 год средствами контроля ежегодно регистрируется свыше 357 показаний, из них на нагрев буксовых узлов приходится 2/3 от общей численности и соответственно 1/3 показаний средств контроля приходится на заторможенность колесных пар и другие случаи.

Результаты исследований

Моделирование работы буксового узла производилось на лабораторном стенде для исследования нагруженности буксового узла, который находится на базе Забайкальского института железнодорожного транспорта. Сравнение диаграмм параметров при имитации работы буксового узла цилиндрических и конических подшипников проводилось моделирование [13] скорости движения на исследуемом участке согласно единой режимной карты участка Уруша-Могоча Забайкальской железной, в четном и нечетном направлениях Забайкальской железной дороги.

Анализ приведенных результатов показывает, что средний уровень нагрева букс с коническими подшипниками выше, чем буксовых узлов с цилиндрическими подшипниками. На диаграммах (рис. 2-4) в начале движения поезда наблюдается интенсивное нарастание температуры (подъем кривых) контролируемых поверхностей, а также имеются участки относительно постоянной температуры с последующим выходом на стационарный режим теплового состояния буксового узла (квазистационарный режим). На диаграммах выберем три участка для сравнения температуры подшипников с характерными режимами, на которых происходят перепады и возрастание температуры:

- изменение температуры за один час движения (первый участок);
- движение в кривых (второй участок);
- выход на стационарный режим (третий участок).

Проанализировав диаграммы (рис. 2-4) параметров для буксовых узлов с цилиндрическими и коническими подшипниками кассетного типа, для четного пути при действии радиальной нагрузки равной 98 кН (рис. 3-4).

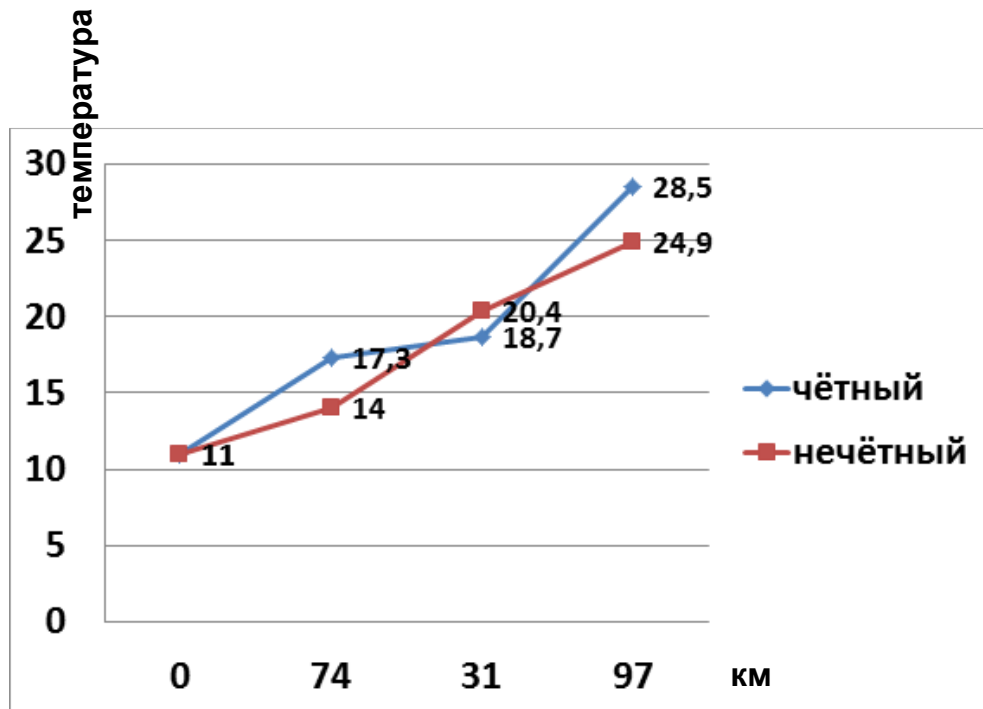


Рис. 2. График изменения температуры конических подшипников

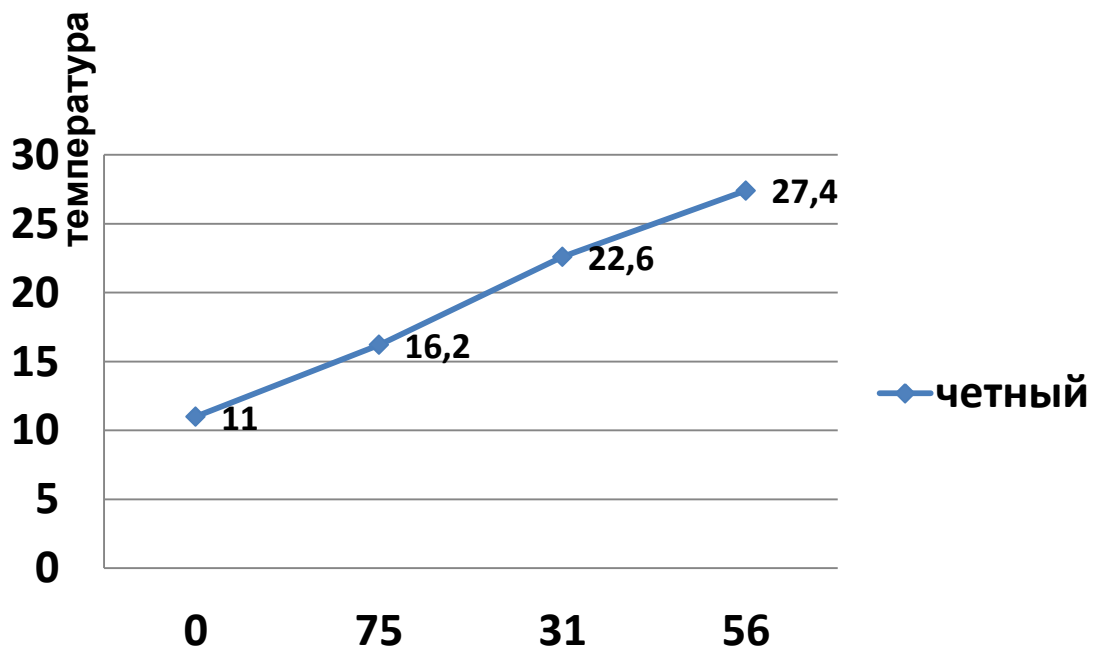


Рис. 3. График изменения температуры цилиндрических подшипников для чётного пути

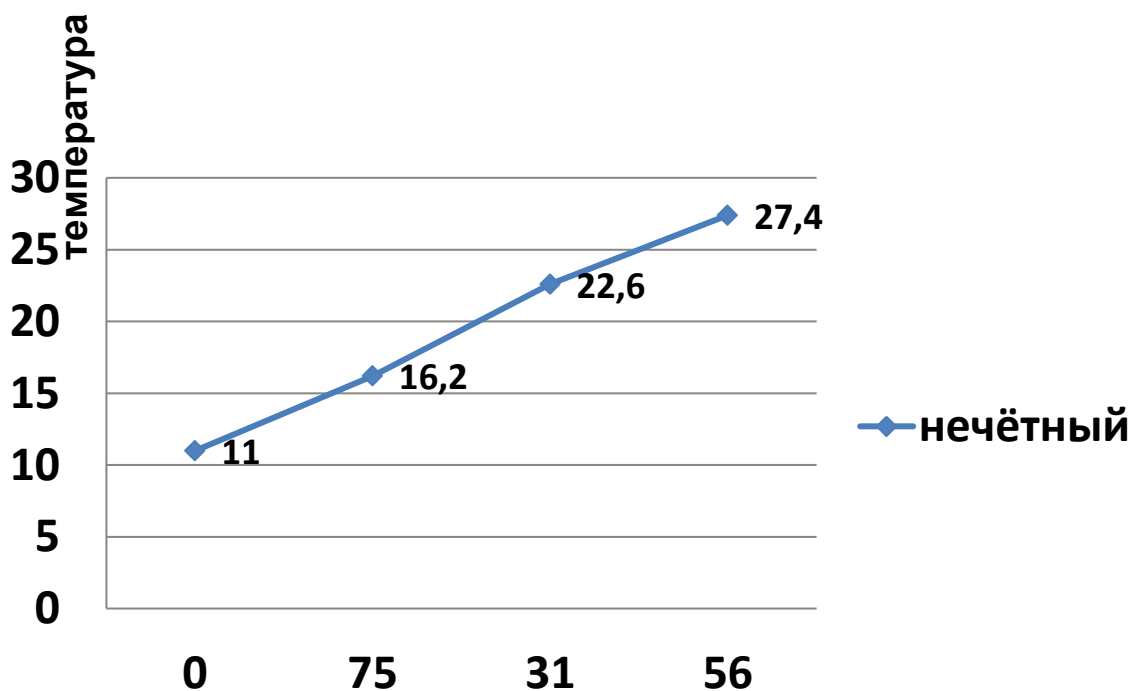


Рис. 4 График изменения температуры цилиндрических подшипников для нечётного пути

Результаты исследований приведены в таблицах 3-6.

Таблица 3

Направление пути	Первый участок					
	Цилиндрический подшипник			Конический подшипник		
	Т, °С	Время, ч.м.	Км.	Т, °С	Время, ч.м.	Км.
Четный с 6904-6978 км.	17,3	1:00	74	20,3	1:00	74
Нечетный с 7209-7134 км.	14,	1:00	75	16,2	1:00	75

В таблице 3 видно, что возрастание температуры у буксовых узлов с разными типами подшипников происходит по-разному в течении одного и того же времени. У буксовых узлов с коническими подшипниками температура выше на 2-3 °С, чем у цилиндрических, что соответствует разным типам конструкции подшипников. При сравнении цилиндрических подшипников в четном направлении наблюдается больший нагрев буксы в следствии приложении радиальной нагрузки равной 98кН (10 т на один буксовый узел, т.к. для четного направления характерны перевозки груза одним подвижным составом более 7000 т).

Таблица 4

Направление пути,	второй участок					
	Цилиндрический подшипник			Конический подшипник		
	Т, °С	Время, ч.м.	км	Т, °С	Время, ч.м.	км.
Четный с 7037-7068 км	17,3-18,7	0:27	31	23,3-25,5	0:27	31
Нечетный с 7068-7037 км	19-20,4	0:22	31	21,8-22,6	0:27	31

На втором участке четного направления таблица 4 наблюдаются перепады температуры. У цилиндрических подшипников это связано с большим радиусом кривых и изменением скорости:

- чем кривых на участке больше, тем больше возрастает температура и на оборот, температура понижается или остается неизменной на прямых участках;

- при уменьшении скорости, происходит понижение температуры, а при повышении температура возрастает. У конических подшипниках температурный режим происходит также, как и у цилиндрических только перепады температуры менее заметны, так как конструктивные особенности кассетного подшипника обеспечивают нормальное восприятие осевых нагрузок осевая.

Колебания температуры были замечены при резком повышении или понижении скорости:

-при резком повышении скорости, температура падает;

-при резком понижении скорости, температура возрастает.

Выходы на постоянный стационарный режим температуры у цилиндрического и конического подшипника, приведенные в таблицах 5, 6, отличаются. У цилиндрического подшипника более ранний выход на стационарный режим, чем у конического подшипника.

Таблица 5

Выход на постоянный стационарный режим температуры цилиндрического подшипника

Направление пути	Цилиндрический подшипник		
	T, °C	Время, ч. м.	Км
Чётный с 7112 - 7209 км	24,3 - 28,5	1:20	97
Нечётный с 7184 - 6904 км	23,6 - 24,9	1:32	112

Таблица 6

Выход на постоянный стационарный режим температуры конического подшипника

Направление пути	Конический подшипник		
	T, °C	Время, ч. м.	Км
Чётный с 7173 - 7209 км	29,2 - 30,5	0:29	36
Нечётный с 6950 - 6904 км	25,9 - 27,4	0:39	56

Заключение.

Исследовав диаграммы параметров моделирования работы буксового узла с коническими и цилиндрическими подшипниками по чётному участку пути Уруша-Могоча, при помощи лабораторного стенда можно сделать вывод, что у цилиндрического подшипника температура зависит больше от скорости, чем от прохождения кривых малого радиуса и имеет постоянную тенденцию к возрастанию температуры, что обусловлено особенностями конструкции подшипника.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2008 г. № 877-р.

2. Ермоленко, И. Ю. Влияние продольных нагрузок на безопасность движения при эксплуатации на горно-перевальных участках пути / И. Ю. Ермоленко, Д. В. Морозов, Н. П. Асташков // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 2(82). – С. 104-111. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_2_104.

3. Синтез конструктивных решений на основе демпфирования в пределах внутренней кинематики грузовых вагонов / В. В. Тюньков, Н. П. Рычков, В. С. Бузунова, А. В. Ромашов // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. – 2021. – № 3(11). – С. 9-16. – DOI 10.26731/2658-3704.2021.3(11).9-16.

4. Ермоленко, И. Ю. Механика образования дефектов на поверхности катания колеса и рельса при прохождении горного рельефа местности / И. Ю. Ермоленко, В. Н. Железняк // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2016. – № 3(51). – С. 193-199.

– EDN WMELFP. ГОСТ 34503-2018 Клинья фрикционные тележек грузовых вагонов. Общие технические условия

5. Ермоленко, И. Ю. Исследование динамики подвижного состава с использованием экспериментального вагона-лаборатории при движении по сложным участкам дороги ВСЖД / И. Ю. Ермоленко, В. Н. Железняк // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2016. – № 4(52). – С. 199-203. – EDN XEFCQT.

6. Рожкова Е. А., Ковригина, И. В. Разработка технологической оснастки для смены элементов рессорного комплекта тележек грузовых вагонов// Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2021. № 3 (71). С. 158–164.

7. Елисеев, С. В. Динамические свойства колебательных систем при предельных значениях параметров / С. В. Елисеев, А. А. Гордеева, И. В. Фомина // Вестник ВСГТУ. – 2011. – № 4(35). – С. 12. – EDN OMBEQH.

8. Ковригина, И. В. Влияние на безопасность движения качества ремонта вагонов / И. В. Ковригина, Е. А. Рожкова // Образование - наука - производство : Материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 20 декабря 2019 года. Том 1. – Чита: Забайкальский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Иркутский университет путей сообщения", 2019. – С. 36-39. – EDN TFIIFT.

9. Ermolenko, I. Yu. Force loading of wagon during interaction of truck and bodywork in curves paths / I. Yu. Ermolenko, V. N. Zheleznyak, L. V. Martynenko // International Conference "Aviamechanical engineering and transport" (AVENT 2018): Proceedings of the International Conference "Aviamechanical engineering and transport" (AVENT 2018), Irkutsk, 21–26 мая 2018 года. Vol. 158. – Irkutsk: Atlantis Press, 2018. – P. 130-134. – EDN FPRWJV.

10. Ермошенко, Ю. В. Обобщенные динамические связи, их формы и особенности взаимодействия с объектами вибрационной защиты / Ю. В. Ермошенко, И. В. Фомина, А. Н. Трофимов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – № 1(34). – С. 28а-37. – EDN NXLTFD.

11. Белоусов Ю.В. Распределение нагрузки между телами качения роликовых подшипников ВЕСТНИК РУДН. Серия Инженерные исследования. 2024.Т.25.№2. С. 130– 139.

12. Малашкевич, Э.А. Прогнозирование отказов грузовых вагонов на основе анализа статистической информации / Э.А. Малашкевич, В.А. Петровых, Д.Г. Налабордин // Вагоны и вагонное хозяйство. - 2013 – №1. – С. 34 – 37.

13. Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. - М.: Физматлит, 2005. – 32 с.

REFERENCES

1. The Strategy for the Development of Railway Transport in the Russian Federation until 2030 was approved by the Order of the Government of the Russian Federation dated June 17, 2008 No. 877-г.

2. Ermoolenko, I. Yu. The Influence of Longitudinal Loads on Traffic Safety During Operation on Mountain Pass Sections of the Track / I. Yu. Ermoolenko, D. V. Morozov, N. P. Astashkov // Bulletin of the Rostov State University of Railway Engineering. - 2021. - No. 2 (82). - P. 104-111. - DOI 10.46973/0201-727X_2021_2_104.

3. Synthesis of design solutions based on damping within the internal kinematics of freight cars / V. V. Tyunkov, N. P. Rychkov, V. S. Buzunova, A. V. Romashov // Information technologies and mathematical modeling in the management of complex systems. - 2021. - No. 3 (11). - P. 9-16. - DOI 10.26731 / 2658-3704.2021.3 (11). 9-16.

4. Ermoolenko, I. Yu. Mechanics of defect formation on the tread surface of a wheel and rail when passing through mountainous terrain / I. Yu. Ermoolenko, V. N. Zheleznyak // Modern technologies. Systems analysis. Modeling. - 2016. - No. 3 (51). - P. 193-199. - EDN WMELFP. GOST 34503-2018 Friction wedges for freight car bogies. General specifications

5. Ermoolenko, I. Yu. Study of rolling stock dynamics using an experimental laboratory car when moving along difficult sections of the East Siberian Railway / I. Yu. Ermoolenko, V. N. Zheleznyak // Modern technologies. Systems analysis. Modeling. - 2016. - No. 4 (52). - P. 199-203. - EDN XEFCQT.

6. Rozhkova E. A., Kovrigin, I. V. Development of technological equipment for replacing elements of the spring set of freight car bogies // Modern technologies. Systems analysis. Modeling. 2021. No. 3 (71). P. 158-164.

7. Eliseev, S. V. Dynamic properties of oscillatory systems at limiting parameter values / S. V. Eliseev, A. A. Gordeeva, I. V. Fomina // Bulletin of VSGTU. - 2011. - No. 4 (35). - P. 12. - EDN OMBEQH.

8. Kovrigin, I. V. Influence of the quality of car repairs on traffic safety / I. V. Kovrigin, E. A. Rozhkova // Education - Science - Production: Proceedings of the III All-Russian Scientific and Practical Conference, Chita, December 20, 2019. Volume 1. - Chita: Transbaikal Institute of Railway Transport - Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Irkutsk University of Railway Engineering", 2019. - P. 36-39. - EDN TFIIFT.

9. Ermolenko, I. Yu. Force loading of wagon during interaction of truck and bodywork in curves paths / I. Yu. Ermolenko, V. N. Zheleznyak, L. V. Martynenko // International Conference "Aviamechanical engineering and transport" (AVENT 2018) : Proceedings of the International Conference "Aviamechanical engineering and transport" (AVENT 2018), Irkutsk, May 21-26, 2018. Vol. 158. – Irkutsk: Atlantis Press, 2018. – P. 130-134. – EDN FPRWJV.

10. Ermoshenko, Yu. V. Generalized dynamic connections, their forms and features of interaction with vibration protection objects / Yu. V. Ermoshenko, I. V. Fomina, A. N. Trofimov // Bulletin of the South-West State University. – 2011. – No. 1(34). – P. 28a-37. – EDN NXLTFD.

11. Belousov Yu.V. Load distribution between rolling elements of roller bearings RUDN University Bulletin. Engineering Research Series. 2024.V.25.№2. P. 130–139.

12. Malashkevich, E.A. Forecasting freight car failures based on statistical information analysis / E.A. Malashkevich, V.A. Petrovykh, D.G. Nalabordin // Cars and car fleet. - 2013 – No. 1. – P. 34–37.

13. Samarsky A.A. Mathematical modeling: Ideas. Methods. Examples / A.A. Samarsky, A.P. Mikhailov. - M.: Fizmatlit, 2005. – 32 p.

Информация об авторах

Ковригина Инна Владимировна – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог», Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: innabella84@mail.ru

Большаков Роман Сергеевич – к.т.н., доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: Bolshakov_rs@mail.ru.

Мосиенко Елена Сергеевна – студент специальности Подвижной состав железных дорог, Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: lelya_mosienko@mail.ru.

Information about the authors

Kovrigina Inna Vladimirovna – Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor, Department of Rolling stock of railways Transbaikal Institute of Railway Transport, Chita, the Russian Federation e-mail: innabella84@mail.ru.

Bolshakov Roman Sergeevich – Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor, Department "operational work Management", Irkutsk state University of railway transport, Irkutsk, e-mail: Bolshakov_rs@mail.ru.

Mosienko Elena Sergeevna – student speciality of Rolling stock of railways Zabaikal Institute of Railway Transport, Chita, the Russian Federation e-mail: lelya_mosienko@mail.ru.