

## Проблемы и погрешности при измерении толщины обода колеса колесных пар грузового вагона

А.Г. Ларченко✉

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

✉larchenkoa@inbox.ru

### Резюме

Научная статья посвящена изучению методики измерений толщины обода колесных пар грузового вагона при обслуживании и ремонте, анализу возможных погрешностей и расхождений. Актуальность выбранной темы сомнений не вызывает, так как техническое состояние колесных пар грузового вагона оказывает непосредственное влияние на безопасность движения поездов. В процессе эксплуатации происходит образование дефектов различного рода и происхождения, а также износ основных элементов колесных пар. Для измерения состояния элементов используются специальные средства и инструменты визуально-измерительного контроля. Одним из таких инструментов является толщиномер. Данный инструмент предназначен для измерения толщины обода колеса колесной пары грузовых вагонов, а также глубины ползуна и высоты «навара» на поверхности катания. На предприятиях проводят многоступенчатый контроль выпускаемой продукции, т. е. обод колеса контролируют многократно разными толщиномерами: при выпуске этот процесс осуществляется бригадиром, при приемке на инфраструктуру – дорожным инспектором. В производственных условиях зачастую возникают ситуации, связанные с расхождением результатов измерений при выпуске вагонов из ремонта, что в некоторых случаях приводит к их повторному ремонту. Для анализа причин несоответствий измерений было принято решение произвести контроль в производственных условиях на базе ремонтного предприятия, изучить конструкцию толщиномера, определить происхождение погрешностей и поставить задачи дальнейших исследований, связанных с изменением конструкции шаблона. В работе представлен литературно-патентный обзор, рассмотрены современные средства контроля.

### Ключевые слова

колесная пара, толщиномер, обод колеса, визуальный контроль, шаблоны, грузовой вагон, дефекты, дефектоскопия, шаблон

### Для цитирования

Ларченко А.Г. Проблемы и погрешности при измерении толщины обода колеса колесных пар грузового вагона // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2023. № 2(78). С. 10–18. DOI 10.26731/1813-9108.2023.2(78).10-18.

### Информация о статье

поступила в редакцию: 20.02.2023 г.; поступила после рецензирования: 21.03.2023 г.; принята к публикации: 22.03.2023 г.

## Problems and errors in measuring the wheel rim thickness of freight wagon wheelsets

A.G. Larchenko✉

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

✉larchenkoa@inbox.ru

### Abstract

The article is devoted to the study of the method of measuring the thickness of the rim of the wheelsets of a freight wagon during maintenance and repair, as well as the analysis of possible errors and discrepancies. The relevance of the chosen topic is beyond doubt, since the technical condition of the wheelsets of a freight wagon has a direct impact on the safety of train traffic. During operation, the formation of defects of various kinds and origins, as well as the wear of the main elements of wheel sets take place. To measure the state of the elements, special means and instruments of visual-measuring control are used. One such tool is a thickness gauge. This tool is designed to measure the thickness of the wheel rim of freight wagons wheelset, as well as the depth of the slider and the height of the «fat» on the tread surface. The enterprises carry out multi-stage control of manufactured products, that is, the wheel rim is controlled many times with different thickness gauges: upon release – by a foreman, upon acceptance for infrastructure – by a road inspector. Under production conditions, there are often situations associated with a discrepancy in measurements when the wagons are released from repair, which in some cases leads to their repeated repair. After analyzing the causes of measurement inconsistencies, it was decided to carry out control under production conditions at the facilities of a repair enterprise, study the design of the thickness gauge, determine the causes of errors and set tasks for further research related to changing the design of the template. This work presents a literature and patent review, considers modern means of control.

### Keywords

wheelset, thickness gauge, rim of wheel, visual inspection, templates, freight wagon, defects, flaw detection, template

**For citation**

Larchenko A.G. Problemy i pogreshnosti pri izmerenii tolshchiny oboda koleasa kolesnykh par gruzovogo vagona [Problems and errors in measuring the wheel rim thickness of freight wagon wheelsets]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2023, no. 2 (78), pp. 10–18. DOI: 10.26731/1813-9108.2023.2(78).10-18.

**Article Info**

Received: February 20, 2023; Revised: March 21, 2023; Accepted: March 22, 2023.

**Введение**

Важным узлом, требующим особого внимания при техническом обслуживании и ремонте грузовых вагонов, является колесная пара – один из основных элементов ходовых частей, от состояния и качества которого существенно зависит надежность работы подвижного состава и безопасность движения. Ввиду высоких требований по прочности и надежности, предъявляемых к колесным парам, разработаны инструкции по их эксплуатации и ремонту, строго нормирующие весь технологический процесс [1–5].

Визуально-измерительный контроль обода колеса является неотъемлемой процедурой при техническом обслуживании и ремонте, которая позволяет выявлять возможные неисправности и дефекты.

К неисправностям, связанными с усталостью металла при циклическом нагружении, относят изломы (рис. 1, *a*) и трещины (рис. 1, *б*).

*a**б***Рис. 1.** Неисправности колесных пар:

*a* – изломы; *б* – трещина

**Fig. 1.** Malfunctions of wheelsets:

*a* – breaks; *b* – crack

Прокат колес, ползуны (рис. 2, *a*) на поверхности катания, износ гребней (рис. 2, *б*) образуются в результате высокотемпературного трения.

*a**б***Рис. 2.** Неисправности колесных пар:

*a* – ползун на поверхности катания; *б* – износ гребней

**Fig. 2.** Malfunctions of wheelsets:

*a* – slider on the tread surface; *b* – wear of the ridges

В процессе эксплуатации и при обточке поверхности катания при выполнении ремонтных работ уменьшается толщина обода колеса. Толщину обода измеряют по кругу катания специальным железнодорожным шаблоном – толщиномером (рис. 3). Данный инструмент предназначен также для измерения глубины ползуна (см. рис. 2) и высоты «навара» на поверхности катания.

Толщина обода колеса измеряется в плоскости круга катания, поэтому измерительная ножка толщиномера *l* устанавливается на

расстоянии 70 мм от штанги 2 (см. рис. 3). Для этого риска на планке измерительной ножки должна совпадать с отметкой «70» на линейке 3. При измерении штанга 2 плотно прижимается к внутренней грани колеса, а выступ на штанге к внутренней поверхности обода. Затем измерительная ножка подводится до соприкосновения с поверхностью катания. По делениям шкалы штанги определяется размер толщины обода цельнокатаного колеса [3]. Шаблон предназначен для использования как в помещении, так и на открытом воздухе.

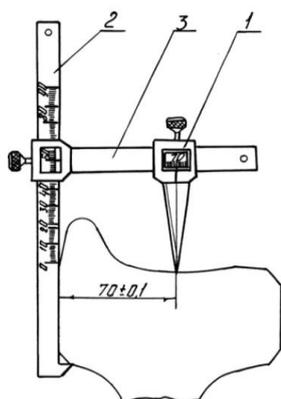


Рис. 3. Измерение толщины обода колеса:

1 – измерительная ножка; 2 – штанга; 3 – линейка

Fig. 3. Measuring the thickness of the wheel rim:

1 – measuring leg; 2 – rod; 3 – ruler

Данным измерительным инструментом производят замеры на всех предприятиях железнодорожного профиля, связанных с ремонтом и эксплуатацией вагонов.

Запрещается эксплуатация колесной пары при толщине обода колеса по кругу катания

менее 22 мм у грузовых вагонов, менее 30 мм у пассажирских вагонов, менее 35 мм в поездах, следующих со скоростью свыше 120 км/ч, но не более 140 км/ч [6–8].

### Постановка проблемы

На предприятиях проводят многоступенчатый контроль выпускаемой продукции разными шаблонами однотипного исполнения, соответственно обод колеса контролируют многократно: при поступлении в ремонт и выпуске это делает бригадир, при обточке поверхности катания – токарь, при приемке на инфраструктуру – дорожный инспектор. В пути следования колесные пары подвергаются контролю автоматическими комплексами, а также осмотрами вагонов на станциях [9–12]. В производственных условиях возникают ситуации, связанные с расхождением измерений при выпуске вагонов из ремонта. Так, согласно отчету по допуску на инфраструктуру грузовых вагонов из деповского и капитального ремонтов на Восточно-Сибирской железной дороге за 2021 г., не допущено в эксплуатацию более 350 вагонов по причине неисправности колесных пар, в том числе из-за несоответствия толщины обода требованиям руководящего документа по ремонту. Допускаемые размеры колесных пар и их элементов при выпуске грузовых вагонов из всех видов ремонта представлены в табл. 1.

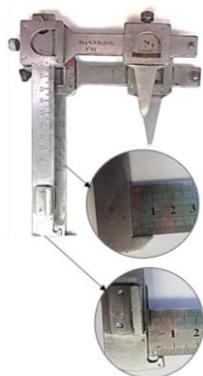
При анализе причин несоответствий измерений было принято решение произвести контроль в производственных условиях на безремонтного предприятия. Более 50 колесных

Таблица 1. Допускаемые размеры колесных пар

Table 1. Permissible dimensions of wheel sets

Измеряемые параметры Measured parameters	Вид ремонта вагона Type of wagon repair		
	Капитальный Major	Деповской Depot	Текущий отцепочный Current uncoupling
	Значения, мм Values, mm		
Толщина обода колеса не менее: для вагонов с установленным межремонтным нормативом 110,0 тыс. км (или 1 и 2 года) Wheel rim thickness not less than: for wagons with set overhaul standard of 110,0 thousand km (or 1 and 2 years)	30	27	24
для вагонов с установленным межремонтным нормативом 160,0 и 210,0 тыс. км (или 2 и 3 года) for wagons with set overhaul standard of 160,0 and 210,0 thousand km (or 2 and 3 years)	40	35	24

пар были подвержены измерению. В процессе измерений толщины обода колесных пар было использовано два поверенных толщиномера, переданных работниками предприятия. В целом они схожи, за исключением одной детали – разницы длины выступа на штанге (рис. 4).



**Рис. 4.** Толщинометры, используемые при визуально-измерительном контроле  
**Fig. 4.** Thickness gauges used in visual inspection

В ходе проведения контроля было выявлено, что показания двух толщиномеров в некоторых случаях разнятся до 1,5–2 мм при

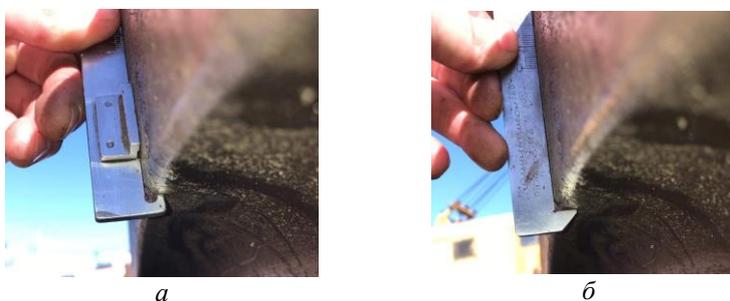
измерении в одном и том же месте. Определено, что разница в показаниях возможна по следующим двум причинам: разность длины выступа на штанге толщиномеров и разность величины фасок перехода от внутренней стороны обода к диску колеса. В качестве примера результаты измерений девяти колесных пар сведены в табл. 2.

Согласно полученным данным, колесная пара под № 5 при измерении шаблоном № 85 не соответствует допускаемым размерам при выпуске вагона из деповского ремонта, а при измерении толщиномером № 180у толщина обода соответствует нормам, что является наглядным подтверждением существования проблемы.

На рис. 5 отчетливо видно, что толщиномер № 85 и толщиномер № 180у при измерении толщины обода колеса прилегают к фаске перехода внутренней поверхности к диску в разных местах, вследствие чего их нулевые отметки измерительной шкалы на штанге имеют разные положения по высоте. Что и приводит к различию конечных показаний измерительных приборов.

**Таблица 2.** Измерение толщины колесных пар толщиномером  
**Table 2.** Measurement of wheel set thickness with a thickness gauge

№ п/п No	№ колесной пары Number of wheelset	Толщиномер № 85 Thickness gauge No 85		Толщиномер № 180у Thickness gauge No 180u	
		Левое колесо Left wheel	Правое колесо Right wheel	Левое колесо Left wheel	Правое колесо Right wheel
1	0039-23241-85	73	74	74,5	75
2	119-1398-05	40	41,5	40,5	41,5
3	0039-49861-05	73	74	74,5	75
4	005-211682-12	68	67	69	67,5
5	<b>0060-3458-05</b>	<b>25,5</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>27,5</b>
6	0029-215519-88	26,5	27,5	27	27
7	0029-294372-88	25,5	26,5	25,5	26,5
8	672-92165-73	31	28,5	31,5	29
9	0029-843016-90	27,5	28	28	28,5



**Рис. 5.** Поверхность касания ножки толщиномера:  
*a* – толщиномер № 85; *б* – толщиномер 180у

**Fig. 5.** Touch surface of the thickness gauge leg:  
*a* – thickness gauge No 85; *b* – thickness gauge No 180u

На разных колесах в зависимости от производителя и года изготовления, переход от внутренней грани обода колеса к диску выполнен в разных исполнениях: от практически перпендикулярного до размера 10 мм в фаске или в радиусе.

Данные шаблоны не имеют возможности перенастройки в соответствии с геометрией объекта контроля и изменениями требований к конечной продукции. С учетом сказанного предлагается внести изменения в конструкцию измерительного инструмента. При модернизации необходимо учитывать, что точность измерений тесно связана с действиями оператора (насколько правильно используются шаблоны, щупы и средства визуального контроля). Поэтому предлагаемый шаблон должен быть прост в исполнении и удобен в использовании. Еще один показатель, который необходимо учитывать, – это время контроля инструментом. На сегодняшний день, чтобы полностью промерить все параметры колесной пары, соблюдая требования руководящей документации, оператору требуется около 20–30 мин. Этот фактор существенно тормозит весь процесс обслуживания и производства [19–32].

### Литературно-патентный обзор

Таким образом, первой задачей при выполнении работ по модернизации измеритель-

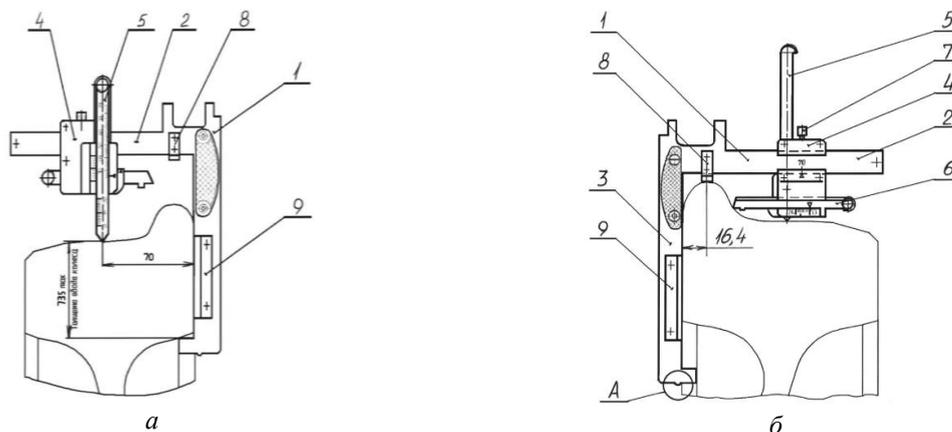
ного инструмента является литературно-патентный обзор [20–35] с поиском прототипа и анализа современных средств измерений.

Известно средство измерения геометрических параметров железнодорожных колес [21], техническая задача которого заключается в упрощении конструкции, снижении материалоемкости и расширении функциональности (рис. 6).

Принцип измерения толщины обода железнодорожного колеса аналогичен с толщиномером № 85. Для точности измерения производят в трех местах, расположенных равномерно по кругу катания железнодорожного колеса. Шаблон, представленный на рис. 6, более универсален, позволяет контролировать толщину обода, глубину кольцевых выработок колес, размеры ползунов и выбоин и другие дефекты, но данный инструмент не решает описанных проблем, связанных погрешностями измерений, кроме этого, он сложен в изготовлении.

Известен способ измерения профиля железнодорожного колеса и устройство для его осуществления (рис. 7) [22].

Сущность заключается в сканировании профиля колеса. На месте контроля осуществляют калибровку и регистрируют угловые координаты. Полученную информацию обрабатывают с помощью электронно-вычислительных машин, а калибровку проводят путем измерения эталонной



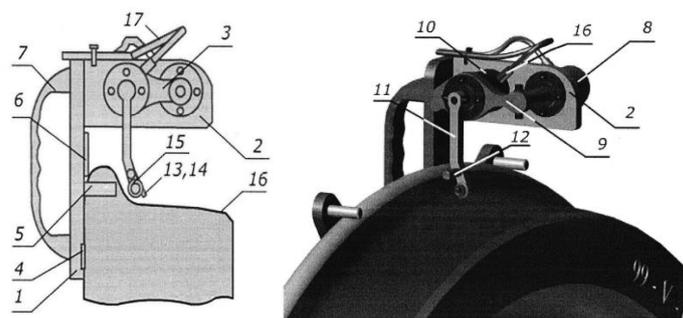
**Рис. 6.** Средство измерения геометрических параметров железнодорожных колес:

*a* – схема измерения толщины обода железнодорожного колеса при подготовке грузовых вагонов к перевозкам; *b* – общий вид средства измерения геометрических параметров железнодорожных колес:

(1 – основание Г-образной формы; 2 – горизонтальная часть; 3 – вертикальная часть; 4 – рамка с возможностью перемещения и фиксации положения; 5 – вертикальная линейка; 6 – горизонтальная линейка; 7 – зажим; 8 – упор; 9 – опора)

**Fig. 6.** Means for measuring the geometric parameters of railway wheels:

*a* – a scheme for measuring the thickness of the rim of a railway wheel when preparing freight wagons for transportation; *b* – general view of the means for measuring the geometric parameters of railway wheels: (1 – L-shaped base; 2 – horizontal part; 3 – vertical part; 4 – frame with the possibility of moving and fixing the position; 5 – vertical ruler; 6 – horizontal ruler; 7 – clamp; 8 – pawl; 9 – support)



**Рис. 7.** Устройство измерения профиля железнодорожного колеса:

1 – стойка; 2 – кронштейн, 3 – подвижная сканирующая система; 4 – постоянные магниты; 5 – опорные элементы; 6 – плоскопараллельная мера; 7 – ручка для фиксации; 8, 10 – датчики угловых перемещений; 9 – рычаг; 11 – криволинейный рычаг; 12 – рукоятка; 13 – упругий элемент; 14 – тензорезистор; 15 – ролик, закрепленный с возможностью перемещения и контакта; 16 – колесная пара; 17 – линия передачи

**Fig. 7.** Railway wheel profile measuring device:

1 – rack; 2 – bracket; 3 – movable scanning system; 4 – permanent magnets; 5 – support elements; 6 – plane-parallel measure; 7 – handle for fixation; 8, 10 – sensors of angular displacements; 9 – lever; 11 – curvilinear lever; 12 – handle; 13 – elastic element; 14 – strain gauge; 15 – roller fixed with the possibility of movement and contact; 16 – wheelset; 17 – transmission line

плоскости для получения начальных углов, путем сопоставления мер с эталонными значениями отклонения профиля колеса. Недостатки указанного способа – трудоемкость в измерении, длительность контроля, что недопустимо в условиях массового производства.

В литературных источниках [20–25] рассматривают бесконтактные методы контроля. В качестве средств измерения предлагается использовать лазерные датчики-дальномеры, которые за одно сканирование снимают полностью профиль.

Измерительная аппаратура интегрируется в существующую производственную линию. С помощью устройства транспортировки колесо устанавливается на стенд для осуществления контроля.

Управление механической частью комплекса осуществляется при помощи контроллеров. Бесконтактный метод позволяет осуществить измерение геометрических параметров колеса менее чем за 50 с, имеет очень высокую механическую надежность, обладает высокой стоимостью, при техническом обслуживании использовать его невозможно.

На сети железных дорог активно применяются различные автоматизированные комплексы для контроля геометрических параметров колес-

ных пар [23]. Принцип действия системы основан на лазерном бесконтактном контроле геометрии движущихся объектов с помощью датчиков положения. Данные комплексы обладают рядом преимуществ, таких как точность, быстрота измерений, автоматизация. Комплексы устанавливаются на инфраструктуре ОАО РЖД и не могут быть использованы в условиях вагоноремонтных депо, колесно-роликового цеха и вагонно-колесных мастерских.

В условиях ремонтного процесса есть необходимость в использовании ручного, компактного контрольно-измерительного инструмента.

### Заключение

Проведенный анализ конструкции, литературно-патентный обзор и представленные измерения, выполненные на базе ремонтного предприятия, позволяют говорить о том, что существует проблема неполной выработки ресурса колесных пар, вследствие их преждевременной браковки по причине погрешности при измерении толщины обода колеса толщиномером. Существующие контрольно-измерительные инструменты требуют модернизации с учетом описанных факторов.

### Список литературы

1. РД ВНИИЖТ 27.05.01-2017. Руководящий документ по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар с буксовыми узлами грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм : утв. Советом по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества, протокол от 19–20 октября 2017 г. № 67 : приложение № 62. (в ред. 8.12.2022). Доступ из справ.-прав. системы «АСПИЖТ» в локальной сети.

2. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений // ФГИС «Аршин» : сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/344158> (Дата обращения 11.12.2022).
3. РД 32 ЦВ 058-2019. Методика выполнения измерений при техническом обслуживании и ремонте колесных пар грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 (1524 мм) : утв. Советом по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества : протокол от 15–16.10.2019 N 71 : приложение № 19. Доступ из справ.-прав. системы «АС-ПИЖТ» в локальной сети.
4. Ларченко А.Г., Яковлев Д.А. Разработка методики диагностирования тормозных колодок подвижного состава из композиционных материалов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2022. № 9. С. 1–5.
5. Ларченко А.Г. Неразрушающий контроль и диагностика изделий из реактопластов (тормозные колодки) // Контроль. Диагностика. 2022. Т. 25. №3 (285). С. 46–51.
6. Венедиктов А.З., Демкин В.Н., Доков Д.С. Измерение параметров колесных пар подвижного состава в движении // Железные дороги мира. 2003. № 9. С. 33–36.
7. Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 27.11.2021 № 3363-р. URL : <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11577> (Дата обращения 11.12.2022).
8. Технология производства и ремонта вагонов / К.В. Мотовилов, В.С. Лукашук, В.Ф. Криворудченко и др. М. : Маршрут, 2003. 381 с.
9. Nauschild G. Автоматическая диагностика колесных пар с помощью системы ARGUSÄ // Glasers Annalen. 2001. №12. P. 615–625.
10. Morgan R. Оценка систем измерения колес // Railway Track & Structures. 2002. No 7. P. 13–15.
11. Инструменты и принадлежности осмотра-ремонтника вагонов // Вагонник. РФ : сайт. URL: [http://www.xn--80adeukqag.xn--p1ai/2016/01/blog-post\\_42.html](http://www.xn--80adeukqag.xn--p1ai/2016/01/blog-post_42.html) (Дата обращения 11.12.2022).
12. Реестр средств измерений, испытательного оборудования и методик измерений, применяемых в ОАО «РЖД» // Инновационный дайджест : сайт. URL: [http://www.rzd-expo.ru/innovation/the\\_system\\_of\\_technical\\_regulation/metrology/reestr\\_2023.pdf](http://www.rzd-expo.ru/innovation/the_system_of_technical_regulation/metrology/reestr_2023.pdf) (Дата обращения 6.02.2023).
13. Инновационные вагоны и проблемы их взаимодействия с элементами инфраструктуры / В.Н. Филиппов, А.В. Смольянинов, И.В. Козлов и др. // Безопасность движения поездов : материалы XVII науч.-практ. конф. М., 2016. С. 68–73.
14. Маджидов Ф.А. Оценка параметра безопасности грузового вагона и управление эффективностью его использования с учетом изменения параметров эксплуатационной среды // Безопасность движения поездов : материалы XVII науч.-практ. конф. М., 2016. С. 96–98.
15. Assessment of quality of products from polymer materials for machine-building purposes / D. Gramakov, A. Larchenko, N. Filippenko et al. // Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies : international Scientific Conference. 2019. DOI 10.1088/1742-6596/1614/1/012044.
16. Вериго М.Ф., Коган А.Я. Взаимодействие пути и подвижного состава. М. : Транспорт, 1986. 558 с.
17. Diagnostic operation of fabrications of rolling stock by high-frequency method / A.G. Larchenko, N.G. Filippenko, A.V. Livshits et al. // International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region (SibTrans 2019). 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/760/1/012037.
18. Об утверждении руководства по текущему отцепочному ремонту (ТР-1) РД 32 ЦВ 094-2018 : распоряжение ОАО «РЖД» от 7.12.2018 № 2633/р. Доступ из справ.-прав. системы «АСПИЖТ» в локальной сети.
19. ГОСТ 10791–2011. Колеса цельнокатаные. Технические условия. Введ. 2012–01–01. М. : Стандартинформ. 2011. 49 с.
20. Багаев К.А. Контроль геометрических параметров железнодорожного колеса // В мире неразрушающего контроля. 2007. № 3 (37). С. 71–73.
21. Пат. 190686 Рос. Федерация. Средство измерения геометрических параметров железнодорожных колес / Н.П. Бабак, А.К. Игитханян, И.Ю. Иевлева и др. № 2019110343 ; заявл. 08.04.2019 ; опубл. 09.07.2019, Бюл. № 19. 15 с.
22. Пат. 2740539 Рос. Федерация. Способ измерения профиля железнодорожного колеса и устройство для его осуществления / С.А. Бехер, Т.В. Игумнова, А.А. Большанов и др. № 2020120566 ; заявл. 15.06.2020 ; опубл. 15.01.2021, Бюл. № 2. 16 с.
23. Пат. 28348 Рос. Федерация. Комплекс диагностического контроля колесных пар подвижного состава / Ю.В. Чугуй, С.В. Плотников, В.И. Ладыгин и др. № 2002128203/20 ; заявл. 24.10.2002 ; опубл. 20.03.2003, Бюл. № 8. 8 с.
24. РД 32 ЦВ 136-2013. Методика измерений параметров колесных пар шаблоном, комбинированным № 2 при техническом обслуживании и текущем отцепочном ремонте вагонов : утв. Главным инженером Управления вагонного хозяйства Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД» 25.10.2013. Доступ из справ.-прав. системы «АСПИЖТ» в локальной сети.
25. Butorin D.V., Larchenko A.G., Aleksandrov A.A. Design of the tooling of a complex geometric shape for electrothermal processing of the polymer covering plate of the bogie friction wedge // International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region (SibTrans 2019). 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/760/1/012011.
26. Larchenko A.G., Filippenko N.G., Livshits A.V. Mathematical modeling of the technological process of improving the quality of polymeric products of machine-building purposes // Siberian Journal of Science and Technology. 2019. Vol. 20. № 1. P. 106–111.
27. Contact method of volume control of temperature of a polymer sample at high-frequency heating / V. Bychkovsky, D. Bakanin, N. Filippenko et al. // Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies : international Scientific Conference, 2019. DOI: 10.1088/1742-6596/1614/1/012053.
28. Комиссаров А.Ф., Григорьев К.В. Автоматизированный диагностический комплекс для измерения геометрических параметров колесных пар // Вагоны и вагонное хозяйство. 2011. № 3. С. 14–15.
29. Панченко А.А. Тен Е.Е. Экспресс-диагностика дефектов колесных пар электроподвижного состава в движении // Вісн. Дніпропетров. нац. ун-ту залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. 2008. № 25. С. 50–52.

30. Павлюкова Л.С. Конструкция, техническое обслуживание грузовых вагонов. М. : УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2011. 223 с.
31. Кротов В.Н. Проблема определения времени, прошедшего от момента образования дефекта на поверхности катания железнодорожных колес // Транспорт-2013 : тр. междунар. науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону, 2013. Т. 1. С. 294.
32. Ермоленко И.Ю., Железняк В.Н., Мартыненко Л.В. Раскрытие физической сущности образования дефектов на поверхности катания колеса в условиях его эксплуатации горного рельефа местности ВСЖД // Трансиб: на острие реформ : материалы междунар. науч.-практ. конф. Чита, 2016. Т. 2. С. 137–142.
33. Смолянинов А.В., Кармацкий В.Ф., Волков Д.В. О жизненном цикле колесной пары грузового вагона // Инновационный транспорт. 2022. № 2 (44). С. 35–41.
34. Вакуленко И.А., Грищенко Н.А. Структурные изменения в металле обода железнодорожного колеса при эксплуатации // Металлы. 2010. № 3. С. 45–49.
35. Викторов Н.А. О необходимости разработки ультразвукового толщиномера эксперта // Контроль. Диагностика. 2016. № 12. С. 40–42.

### References

1. RD VNIIZhT 27.05.01-2017. Rukovodyashchii dokument po remontu i tekhnicheskomu obsluzhivaniyu kolesnykh par s buksovyimi uz-lami gruzovykh vagonov magistral'nykh zheleznykh dorog kolei 1520 (1524) mm: utv. Sovetom po zheleznodorozhnomu transportu gosudarstv – uchastnikov Sodruzhestva, protokol ot 19–20 oktyabrya 2017 g. N 67 (Prilozhenie №62) (red. 8.12.2022) [RD VNIIZHT 27.05.01–2017 «Guidance document on repair and maintenance of wheel sets with axle boxes of freight wagons of mainline railways of 1520 (1524) mm gauge»: approved By the Council for Railway Transport of the Commonwealth Member States, Protocol No 67 of October 19–20, 2017 (Appendix No. 62) (ed. December 8, 2022)].
2. Federal'nyi informatsionnyi fond po obespecheniyu edinstva izmerenii [Federal information fund for ensuring the uniformity of measurements]. Available at: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/344158> (Accessed December 11, 2022).
3. RD 32 TSV 058-2019. Metodika vypolneniya izmereniy pri tekhnicheskome obsluzhivani i remonte kolesnykh par gruzovykh vagonov zheleznykh dorog kolei 1520 (1524) mm: utv. Sovetom po zheleznodorozhnomu transportu gosudarstv – uchastnikov Sodruzhestva, protokol ot 15–16.10.2019 N 71 (Prilozhenie №19) [RD 32 TsV 058-2019. Methodology for performing measurements during the maintenance and repair of wheel sets of freight wagons of railways with a gauge of 1520 (1524) mm): approved by the Council for Railway Transport of the Commonwealth Member States, Protocol No 71, dated October 15–16, 2019 (Appendix No 19)].
4. Larchenko A.G., Yakovlev D.A. Razrabotka metodiki diagnostirovaniya tormoznykh kolodok podvizhnogo sostava iz kompozitsionnykh materialov [Development of a method for diagnosing brake pads of a rolling stock made of composite materials]. *Pribory i sistemy. Upravleniye, kontrol', diagnostika* [Instruments and systems. Management, control, diagnostics], 2022, no. 9, pp. 1–5.
5. Larchenko A.G. Nerazrushayushchii kontrol' i diagnostika izdelii iz reaktoplastov (tormoznye kolodki) [Non-destructive testing and diagnostics of thermoplastic products (brake pads)]. *Kontrol'. Diagnostika* [Control. Diagnostics], 2022, vol. 25, no. 3 (285), pp. 46–51.
6. Venediktov A.Z., Demkin V.N., Dokov D.S. Izmerenie parametrov kolesnykh par podvizhnogo sostava v dvizhenii [Measurement of parameters of wheelsets of rolling stock in motion]. *Zheleznye dorogi mira* [Railways of the World], 2003, no. 9, pp. 33–36.
7. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 27.11.2021 №3363-r «Ob utverzhenii Transportnoi strategii Rossiiskoi Federatsii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda» [Decree of the Government of the Russian Federation No 3363-r dated November 27, 2021 «On the approval of the Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035»]. Available at: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11577> (Accessed December 11, 2022).
8. Motovilov K.V., Lukashuk V.S., Krivorudchenko V.F., Petrov A.A. Tekhnologiya proizvodstva i remonta vagonov [Technology of production and repair of wagons]. Moscow: Marshrut Publ., 2003. 381 p.
9. Hauschild G. Avtomaticheskaya diagnostika kolesnykh par s pomoshch'yu sistemy ARGUSÁ [Automatic diagnosis of wheelsets using the ARGUSÁ system]. *Glaser's Annalen*, 2001, no. 12, pp. 615–625.
10. Morgan R. Otsenka sistem izmereniya koles [Evaluation of wheel measurement systems]. *Railway Track & Structures*, 2002, no. 7, pp. 13–15.
11. Instrumenty i prinadlezhnosti osmotrshchika-remontnika vagonov (Elektronnyi resurs) [Tools and accessories of the inspector-repairman of wagons (Electronic resource)]. Available at [http://www.xn--80adeukqag.xn--p1ai/2016/01/blog-post\\_42.html](http://www.xn--80adeukqag.xn--p1ai/2016/01/blog-post_42.html) (Accessed December 11, 2022).
12. Reestr sredstv izmerenii, ispytatel'nogo oborudovaniya i metodik izmerenii, primenyaemykh v OAO «RZhD» (Elektronnyi resurs) [Register of measuring instruments, test equipment and measurement methods used in JSC «Russian Railways» (Electronic resource)]. Available at: [http://www.rzd-expo.ru/innovation/the\\_system\\_of\\_technical\\_regulation/metrology/reestr\\_2023.pdf](http://www.rzd-expo.ru/innovation/the_system_of_technical_regulation/metrology/reestr_2023.pdf) (Accessed February 6, 2023).
13. Fillipov V.N., Smolyaninov A.V., Kozlov I.V., Podlesnikov Ya.D. Innovatsionnye vagony i problemy ikh vzaimodeistviya s elementami infrastruktury [Innovative cars and problems of their interaction with infrastructure elements]. *Materialy XVII Nauchno-prakticheskoi konferentsii «Bezopasnost' dvizheniya poezdov»* [Proceedings of the XVII Scientific and Practical Conference «Train Traffic Safety»]. Moscow, 2016, pp. 68–73.
14. Madzhidov F.A. Otsenka parametra bezopasnosti gruzovogo vagona i upravlenie effektivnost'yu ego ispol'zovaniya s uchetom izmeneniya parametrov ekspluatatsionnoi sredy [Estimation of the safety parameter of a freight car and management of the efficiency of its use, taking into account changes in the parameters of the operating environment]. *Materialy XVII Nauchno-prakticheskoi konferentsii «Bezopasnost' dvizheniya poezdov»* [Proceedings of the XVII Scientific and Practical Conference «Train Traffic Safety»]. Moscow, 2016, pp. 96–98.
15. Gramakov D., Larchenko A., Filippenko N., Livshits A., Bakanin D., Bychkovskii V., Butorin D. Assessment of quality

of products from polymer materials for machine-building purposes. *International Scientific Conference «Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies»*, 2019. DOI 10.1088/1742-6596/1614/1/012044.

16. Verigo M.F., Kogan A.Ya. Vzaimodeistvie puti i podvizhnogo sostava [Interaction of track and rolling stock]. Moscow: Transport Publ., 1986. 558 p.

17. Larchenko A.G., Filippenko N.G., Livshits A.V., Kargapol'tsev S.K. Diagnostic operation of fabrications of rolling stock by high-frequency method. *International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region (SibTrans 2019)*. 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/760/1/012037.

18. Rasporyazhenie OAO «RZhD» ot 7.12.2018 N 2633/r «Ob utverzhenii rukovodstva po tekushchemu ottsepochnomu remontu (TR-1) RD 32 TsV 094-2018» [Order of JSC «Russian Railways» dated December 7, 2018 N 2633/r «About the approval of the manual for the current uncoupling repair (TR-1) RD 32 TsV 094-2018»].

19. GOST 10791–2011. Kolesa tsel'nokatanye. Tekhnicheskie usloviya [State Standard 10791–2011. All-rolled wheels. Specifications]. Moscow: Standartinform, 2011. 49 p.

20. Bagaev K.A. Kontrol' geometricheskikh parametrov zheleznodorozhnogo kolesa [Control of the geometrical parameters of the railway wheel]. *V mire nerazrushayushchego kontrolya* [In the world of non-destructive testing], 2007, no. 3 (37), pp. 71–73.

21. Babak N.P., Igitkhanian A.K., Ievleva I.Yu., Lebedev G.V., Myasnikov V.N. Patent RU 190686 U1, 09.07.2019.

22. Bekher S.A., Igumnova T.V., Bol'chanov A.A., Kochetkov A.S., Popkov A.A. Patent RU 2740539 C1, 15.01.2021.

23. Chugui Yu.V., Plotnikov S.V., Ladygin V.I., Yunoshev S.P., Kuchinskii K.I., Tukubaev N.T., Baibakov A.N., Sotnikov V.V., Gurenko V.M. Patent RU 28348 U1, 20.03.2003.

24. RD 32 TsV 136-2013. Metodika izmerenii parametrov kolesnykh par shablonom, kombinirovannym № 2 pri tekhnicheskoy obslu-zhivanii i tekushchem ottsepochnom remonte vagonov: utv. Glavnym inzhenerom Upravleniya vagonnogo khozyaistva Tsentral'noi di-rektsii infrastruktury – filiala OAO «RZhD» 25.10.2013 [RD 32 TsV 136-2013. The method of measuring the parameters of wheel pairs with a template, combined No. 2 during maintenance and current uncoupling repair of wagons: approved by Chief Engineer of the Wagon Management Department of the Central Infrastructure Directorate – branch of JSC «Russian Railways» dated October 25, 2013].

25. Butorin D.V., Larchenko A.G., Aleksandrov A.A. Design of the tooling of a complex geometric shape for electrothermal processing of the polymer covering plate of the bogie friction wedge. *International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region (SibTrans 2019)*. 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/760/1/012011.

26. Larchenko A.G., Filippenko N.G., Livshits A.V. Mathematical modeling of the technological process of improving the quality of polymeric products of machine-building purposes. *Siberian Journal of Science and Technology*. 2019, vol. 20, no. 1, pp. 106–111.

27. Bychkovsky V., Bakanin D., Filippenko N., Butorin D., Kuraitis A., Larchenko A. Contact method of volume control of temperature of a polymer sample at high-frequency heating. *International Scientific Conference «Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies»*, 2019. DOI: 10.1088/1742-6596/1614/1/012053.

28. Komissarov A.F., Grigor'ev K.V. Avtomatizirovannyi diagnosticheskii kompleks dlya izmereniya geometricheskikh parametrov kolesnykh par [Automated diagnostic complex for measuring the geometric parameters of wheel pairs]. *Vagony i vagonnoe khozyaistvo* [Wagons and wagon facilities], 2011, no. 3, pp. 14–15.

29. Panchenko A.A. Ten E.E. Ekspress-diagnostika defektov kolesnykh par elektropodvizhnogo sostava v dvizhenii [Express diagnostics of defects in wheel pairs of electric rolling stock in motion]. *Vestnik Dnepropetrovskogo natsional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta im. akademika V. Lazaryana* [Bulletin of the Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after academic V. Lazaryan], 2008, no. 25, pp. 50–52.

30. Pavlyukova L.S. Konstruktsiya, tekhnicheskoe obsluzhivanie gruzovykh vagonov [Design, maintenance of freight wagons]. Moscow: UMTs ZhDT Publ., 2011. 223 p.

31. Krotov V.N. Problema opredeleniya vremeni, proshedshego ot momenta obrazovaniya defekta na poverkhnosti kataniya zheleznodorozhnykh koles [The problem of determining the time elapsed from the moment of formation of a defect on the rolling surface of railway wheels]. *Trudy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Transport-2013»* [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Transport-2013»]. Rostov on Don, 2013, vol. 1, pp. 294.

32. Ermolenko I.Yu., Zheleznyak V.N., Martynenko L.V. Raskrytie fizicheskoi sushchnosti obrazovaniya defektov na poverkhnosti kataniya kolesa v usloviyakh ego ekspluatatsii gornogo rel'efa mestnosti VSZHD [Disclosure of the physical essence of the formation of defects on the wheel tread surface in the conditions of its operation of the mountainous terrain of the Eastern Railway]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Transsib: na ostrie reform»* [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Transsib: at the forefront of reforms»]. Chita, 2016, vol. 2, pp. 137–142.

33. Smol'yaninov A.V., Karmatskii V.F., Volkov D.V. O zhiznennom tsikle kolesnoy pary gruzovogo vagona [On the life cycle of a wheel pair of a freight wagon]. *Innovatsionnyi transport* [Innovative transport], 2022, no. 2 (44), pp. 35–41.

34. Vakulenko I.A., Grishchenko N.A. Strukturnye izmeneniya v metalle oboda zheleznodorozhnogo kolesa pri ekspluatatsii [Structural changes in the metal of the rim of a railway wheel during operation]. *Metally* [Metals], 2010, no. 3, pp. 45–49.

35. Viktorov N.A. O neobkhodimosti razrabotki ul'trazvukovogo tolshchinomera eksperta [On the need to develop an expert's ultrasonic thickness gauge]. *Kontrol'. Diagnostika* [Control. Diagnostics], 2016, no. 12, pp. 40–42.

### Информация об авторах

**Ларченко Анастасия Геннадьевна**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматизации производственных процессов, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: Larchenkoa@inbox.ru.

### Information about the authors

**Anastasiya G. Larchenko**, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automation of Production Processes, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: Larchenkoa@inbox.ru.