



УДК 629.488.2

Влияние погрешностей и ошибок измерения на частоту отцепок вагонов во внеплановый ремонт на железных дорогах Республики Узбекистан

А. Б. Гайипов

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: *Гайипов А. Б.* Влияние погрешностей и ошибок измерения на частоту отцепок вагонов во внеплановый ремонт на железных дорогах Республики Узбекистан // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб.: ПГУПС, 2021. – Т. 18. – Вып. 4. – С. 507–514. DOI: 10.20295/1815-588X-2021-4-507-514

Аннотация

Цель: Рассмотреть вопрос о влиянии погрешностей и ошибок измерения толщины гребня колесных пар на частоту отцепок во внеплановый ремонт на железных дорогах Республики Узбекистан. Провести анализ воздействия отцепок грузовых вагонов во внеплановый ремонт по неисправностям колесных пар. **Методы:** Используются методы комбинаторного и статистического анализов исходных данных. **Результаты:** Выполнен детальный анализ отцепок вагонов во внеплановый ремонт на железных дорогах Узбекистана. Определены вероятности безотцепочной работы вагона в ТР-2 (текущий ремонт) по неисправности «тонкий гребень». Оценено влияние погрешностей и ошибок измерения на частоту отцепок вагонов в такой ремонт. **Практическая значимость:** Полученные результаты способствуют углублению знаний о возможности влияния погрешностей и ошибок измерения толщины гребня колесных пар на работоспособность вагонов.

Ключевые слова: Колесные пары, гребень, износ, тонкий гребень, поверхность катания, профиль, шаблон.

Введение

В последние годы на железных дорогах Узбекистана поступление вагонов в текущий отцепочный ремонт (ТОР) непрерывно возрастает. Это вызывает увеличение расходов железнодорожной компании на содержание вагонного парка и ущербов при задержке поездов из-за отцепок неисправных вагонов из сформированных составов. Таким образом, вопросы снижения ча-

стоты отцепок грузовых вагонов во внеплановый ремонт и обеспечения надежности узлов конструкции этих вагонов непрерывно связаны, а проблема влияния надежности колесных пар на организацию системы технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов остается актуальной [1].

Уменьшение износа колес подвижного состава и рельсов – важная задача железнодорожного транспорта. Ее решение приводит не только к

удлинению срока службы колес и рельсов, но в большинстве случаев и к положительному эффекту понижения расходов топлива на тягу поездов, ремонт колесных пар и простой вагонов, а также шума при движении поезда. Начиная с 90-х годов XX в. на железных дорогах Республики Узбекистан начал интенсивно изнашиваться гребень колес, в результате чего возрастают расходы на ремонт и уменьшается срок службы колес [2].

В последние десятилетия в стране проводятся различные экспериментальные исследования колесных пар, связанных с износом колес, но, к сожалению, причины данного явления окончательно не установлены. В настоящей работе рассмотрено влияние ошибок измерения и погрешностей на частоту отцепок вагонов в ТОР по неисправности тонкого гребня.

Колесные пары относятся к важнейшим узлам вагонов, которые предназначены для передачи динамических и статических нагрузок на путь и направления движения вагона по рельсовому пути. От технического состояния колесных пар существенно зависит надежность работы подвижного состава в целом. По статистическим данным наибольшему износу и неисправностям на железнодорожном транспорте подвергаются колесные пары.

Дефекты колесных пар подвижного состава критически влияют на безопасность движения поездов и эксплуатации объектов железнодорожного транспорта. Их развитие способствует разрушению ходовых частей и рельсов, а также сходу или крушению подвижного состава. На железных дорогах России и за рубежом активно проводится работа по созданию аппаратуры и совершенствованию методик контроля ходовых частей вагонов [3]. К сожалению, напольные средства диагностики для обнаружения дефектов колесных пар пока не нашли массового применения на железных дорогах Узбекистана [4, 5].

Одной из основных частей колеса является гребень, обеспечивающий устойчивое положение колесной пары на рельсовой колее и определяющий направление движения подвижного

состава. Гребень должен находиться в безупречном техническом состоянии. Выполнение этого требования – неотъемлемый элемент организации безопасного движения железнодорожного транспорта. Из-за больших динамических и статических нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации грузовых вагонов, изнашивается гребень колеса.

«Тонкий гребень» относится к эксплуатационным неисправностям, причины их возникновения вызваны естественным износом при долговременном взаимодействии колеса с рельсом. В табл. 1 приведены статистические данные по отцепкам грузовых вагонов в ТОР по неисправностям колесных пар на железных дорогах Узбекистана за 2016–2020 гг. Их анализ за последние 5 лет показывает, что в настоящее время частота отцепок увеличилась на 37% по сравнению с 2016 г. (рис. 1). Это связано с введением новых ремонтных профилей с исходной толщиной гребня 30 и 27 мм, которые уменьшают пробег между отточками в 1,5 и 2 раза [6].

Толщину гребня измеряют абсолютным шаблоном на расстоянии 18 мм от его вершины с помощью горизонтального движка (рис. 2, а), перемещая его до соприкосновения с гребнем или наложением браковочного выреза шириной 25 мм (рис. 2, б) [7]. Допустимое значение изнашивания гребня составляет 25 мм, согласно нормативным документам по железным дорогам Узбекистана. Если изнашивание будет меньше допустимого значения, тогда работники вагонного хозяйства в целях недопущения разрушения колесной пары и головки рельса, отцепляют неисправный вагон на ТОР [8].

В настоящее время на железных дорогах Узбекистана основным методом выявления дефектов колесных пар является измерительный контроль, осуществляемый осмотрщиками вагонов на пунктах технического обслуживания при осмотре или обработке поездов. На достоверность результатов контроля существенное влияние оказывают психологическое и физиологическое состояния осмотрщика вагонов, его квалификация и опыт, а также внешние условия [6].

ТАБЛИЦА 1. Причины отцепок в ТОП грузовых вагонов по неисправностям колесных пар в 2016–2020 гг.

Неисправности колесных пар	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Тонкий гребень	3260	3500	3850	4520	4994
Выщербина	2010	2200	2560	2458	2270
Ползун	540	780	650	690	817
Неравномерный прокат	490	577	790	720	636
Прочие	470	520	580	350	363
Всего	6770	7577	8430	8738	9080

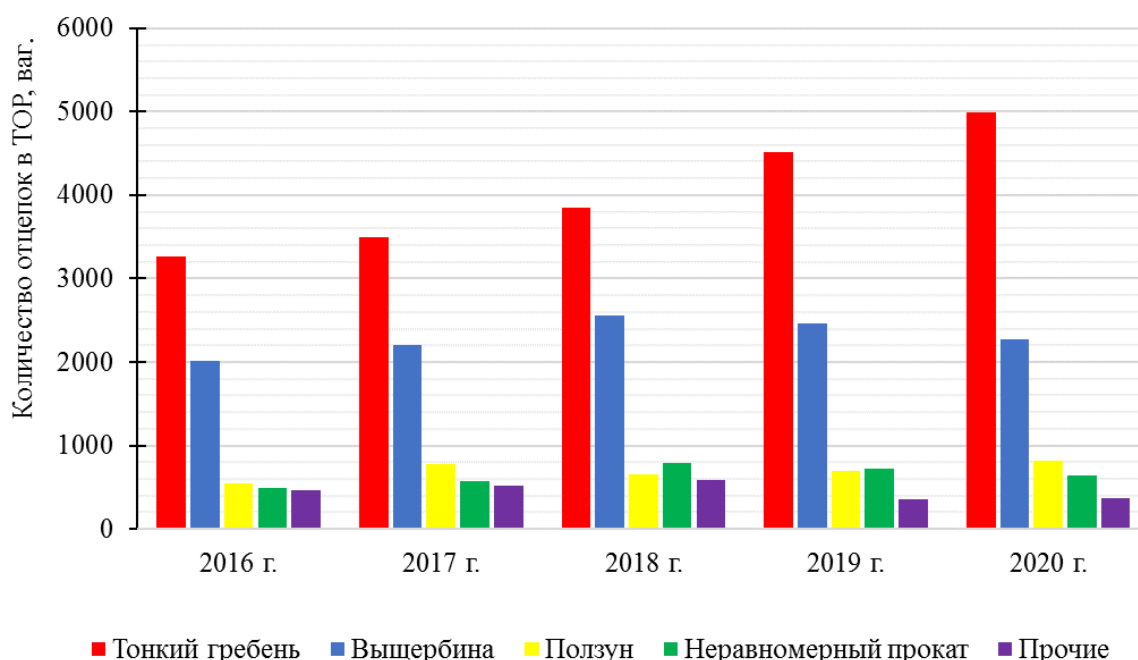


Рис. 1. Отцепки в ТОП по неисправностям колесных пар в 2016–2020 гг.

В эксплуатации вагонов бывают случаи, когда вагон подается под погрузку с толщиной гребня более 26 мм и после полного рейса (примерно 3300 км) гребень оказывается тоньше 25 мм, поскольку средний темп износа гребня приблизительно равен 1 мм на 10 000 км для тележек модели 18-100 [9]. Отсюда можно сделать вывод, что вагоны отправляются под погрузку с толщиной гребня менее 26 мм. В таких случаях вагон сначала должен завершить свой рейс, затем он в плановом порядке поступает в

ТОП и обтачивается (восстанавливается) гребень колеса.

Отправление вагонов под погрузку с толщиной гребня менее 26 мм может быть связано с измерением разными техникой и инструментом (шаблоном). При измерении толщины гребня горизонтальным движком абсолютного шаблона погрешность $\sigma_{\text{пог}} \approx 0,5$ мм, ошибка измерения осмотрщиком $\sigma_{\text{оо}}$ приблизительно равна 0,5 мм и толщина гребня по кругу катания разная: $\sigma_{\text{откл}} = \pm 0,3$ мм. Таким образом, среднюю ошибку

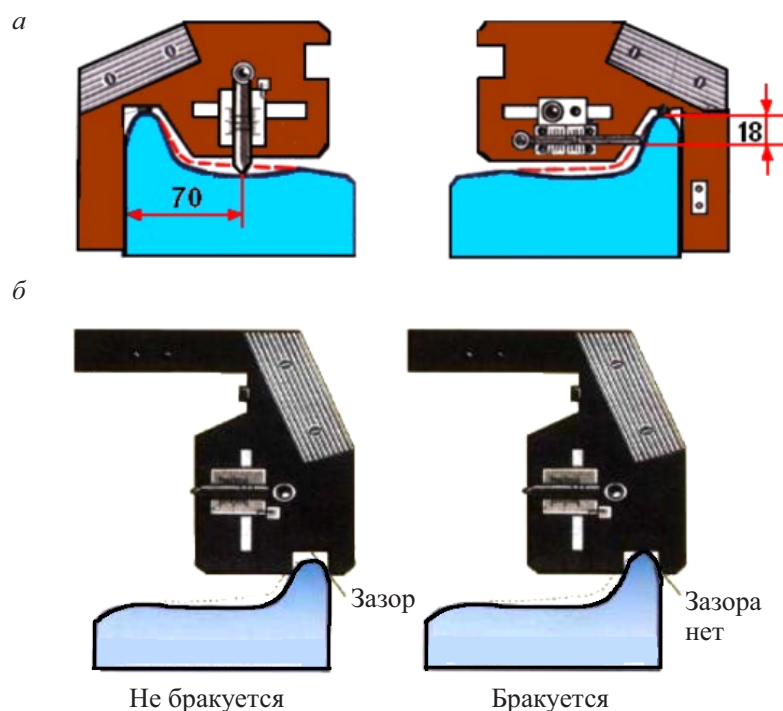


Рис. 2. Измерение толщины гребня (в мм) абсолютным шаблоном с помощью горизонтального движка (а) и браковочного выреза (б)

измерения можно рассчитать следующим образом:

$$\begin{aligned}\sigma_{\Sigma} &= \sqrt{\sigma_{\text{пог}}^2 + \sigma_{\text{оо}}^2 + \sigma_{\text{откл}}^2} = \\ &= \sqrt{0,5^2 + 0,5^2 + 0,3^2} = \\ &= 0,77 \text{ мм.}\end{aligned}$$

Следовательно, при подаче под погрузку средняя толщина гребня при декларируемой толщине гребня 26 мм оказывается равной 25,23 мм, т. е. запас толщины гребня составляет всего 0,23 мм. Этой толщины не хватает на средний полный рейс вагона (3300 км) [10, 11].

Определим вероятность безотцепочной эксплуатации вагона с толщинами гребней $m = 24, 25$ и 26 мм, считая, что случайность связана с ошибками измерения и неравномерностью величины, которые распределены по нормальному закону.

Вероятность безотцепочной эксплуатации колеса $P(\alpha < X < \beta) = F(\beta) - F(\alpha)$, где $F(X) =$

$= F\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)$ – функция распределения, и функция Гаусса

$$P(\alpha < X < \beta) = F\left(\frac{\beta-m}{\sigma}\right) - F\left(\frac{\alpha-m}{\sigma}\right).$$

В табл. 2 представлено определение вероятности безотцепочной работы вагона в ТР-2 по неисправности «тонкий гребень» для колесных пар.

Как видно на рис. 3, при контроле толщины гребня 25 мм браковочным вырезом или горизонтальным движком толщины гребня 26 мм при подаче под погрузку вероятность отцепки минимальна.

Заключение

Проведенный анализ по влиянию погрешностей и ошибок измерения на частоту отцепок вагонов в ТОР Республики Узбекистан показал, что на ресурс колес воздействует не только материал колес и ходовых частей, но и качествен-

ТАБЛИЦА 2. Определение вероятности отцепки вагона в ТР-2 по тонкому гребню

Измерение горизонтальным движком	Измерение браковочным вырезом
<p>Гребень 24 мм: $m = 24,1$ мм; $\sigma = 0,77$ мм; $\beta = \infty$; $\alpha = 24$ мм; $P(24 < X < \infty) = \Phi\left(\frac{24-24,1}{0,77}\right) = \frac{1}{2}$</p> <p>при $\Phi(\infty) = 1$ и $\Phi(0) = \frac{1}{2}$.</p> <p>Вероятность безотцепочной работы вагона с 8 колесами $P_8 = \frac{1^8}{2} = 0,004$</p>	<p>Гребень 24 мм: $m = 24,1$ мм; $\sigma = 0,3$ мм; $\beta = \infty$; $\alpha = 24$ мм; $P(24 < X < \infty) = \Phi(\infty) - \Phi\left(\frac{24-24,1}{0,3}\right) =$ $= 1 - \Phi\left(\frac{0,1}{0,3}\right) = 0,63$</p> <p>при $\Phi(\infty) = 1$ и $\Phi(0) = \frac{1}{2}$.</p> <p>Вероятность безотцепочной работы вагона с 8 колесами $P_8 = (0,63)^8 = 0,024$</p>
<p>Гребень 25 мм: $m = 25$ мм; $\sigma = 0,77$ мм; $\beta = \infty$; $\alpha = 24$ мм; $P(24 < X < \infty) = \Phi\frac{24-25}{0,77} = 0,9$ при $\Phi(\infty) = 1$ и $\Phi - \frac{1}{0,77} = 0,1$.</p> <p>Вероятность безотцепочной работы вагона с 8 колесами $P_8 = 0,9^8 = 0,43$</p>	<p>Гребень 25 мм: $m = 25$ мм; $\sigma = 0,3$ мм; $\beta = \infty$; $\alpha = 24$ мм; $P(24 < X < \infty) = \Phi(\infty) - \Phi\frac{24-25}{0,3} =$ $= 1 - \Phi(3,33) = 1 - 0,0005 = 0,9995$.</p> <p>Вероятность безотцепочной работы вагона с 8 колесами $P_8 = (0,9995)^8 = 0,9996$</p>
<p>Гребень 26 мм: $m = 26$ мм; $\sigma = 0,77$ мм; $\beta = \infty$; $\alpha = 24$ мм; $P(24 < X < \infty) = \Phi(\infty) - \Phi\frac{24-25}{0,77} = 0,9953$</p> <p>при $\Phi(\infty) = 1$ и $\Phi - \frac{2}{0,77} = 0,0047$.</p> <p>Вероятность безотцепочной работы вагона с 8 колесами $P_8 = (0,9953)^8 = 0,995$</p>	

ное техническое обслуживание в условиях его эксплуатации.

При изменении норматива минимальной толщины гребня до 24 мм в эксплуатации и до 25 мм при подаче вагонов под погрузку эффект сокращения темпа износа гребня и повышения ресурса колес для компенсации их дефицита достигнут не будет. Уменьшение допустимой толщины гребня до 24 мм не приведет к снижению частоты отцепок в ТОР, так как в дальнейшем после 10 тыс. км пробега вагоны снова окажутся в ремонте по «тонкому гребню».

Результаты проведенного анализа показывают, что при измерении толщины гребня 25 мм

браковочным вырезом или горизонтальным движком толщины гребня 26 мм при подаче под погрузку вероятность отцепки минимальна. При подаче под погрузку вагонов средняя ошибка измерения толщины гребня 26 мм с помощью горизонтального движка абсолютного шаблона составляет 0,77 мм.

Кардинальное решение проблемы, связанной с отцепками вагонов в ТОР по интенсивному износу гребней на тележках 18-100, необходимо искать в улучшении качества ремонта тележек, контроле состояния фрикционных клиньев, размеров боковых рам и букс, а также зазоров боковых скользунов [2].

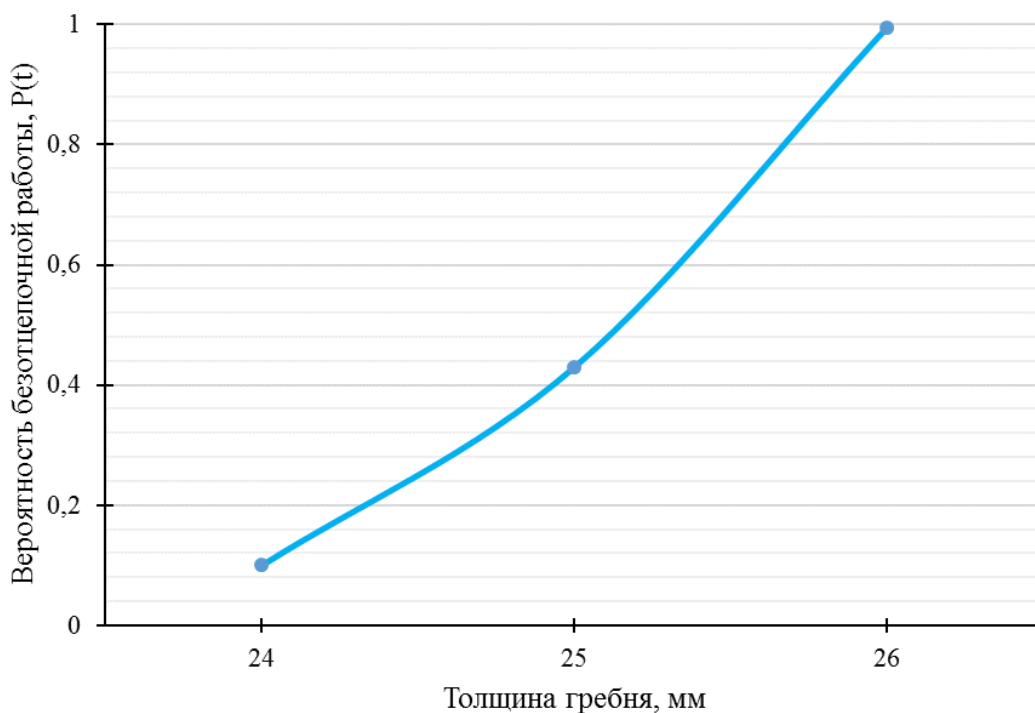


Рис 3. График зависимости вероятности безотцепочной работы от измерения толщины гребня колеса

Библиографический список

1. Бороненко Ю. П. Анализ эффекта и рисков от уменьшения допустимой толщины гребня колеса до 24 мм / Ю. П. Бороненко // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты: Материалы XIV Междунар. науч.-технич. конференции «210-летию создания первого транспортного вуза России посвящается». – СПб.: ПГУПС, 2019. – С. 12–17.

2. Бороненко Ю. П. Миллиметр не решит проблем износа гребней колес тележек типа 18-100 / Ю. П. Бороненко // Гудок. Газ. – 2018. – С. 2. – URL: gudok.ru (дата обращения: 05.08.2021).

3. Воробьев А. А. Увеличение ресурса железнодорожного колеса технологическим методом / А. А. Воробьев, П. М. Терехов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2010. – № 2. – С. 121–125.

4. Рахимов Р. В. Выбор направлений развития вагонного парка железных дорог Узбекистана / Р. В. Рахимов // Транспорт Российской Федерации. – 2018. – № 1 (74). – С. 71–74.

5. Концепция развития Управления вагонного хозяйства АО «УТЙ» на 2018–2022 гг. – Ташкент: АО «УТЙ», 2018. – 40 с.

6. Основные показатели социально-экономического развития Республики Узбекистан за 2018–2020 гг. Транспорт и связь. – Государственный комитет Республики Узбекистан по статистике. – URL: <https://stat.uz/uploads/doklad> (дата обращения: 20.01.2021).

7. Гончаров С. Е. Износ гребней колесных пар грузовых вагонов / С. Е. Гончаров // Техника железных дорог. – 2017. – № 4 (40). – С. 32–37.

8. Калетин С. В. Изменение геометрических размеров колесных пар грузовых вагонов в части снижения критериев браковки по толщине гребня / С. В. Калетин // Техника железных дорог. – 2018. – № 1 (41). – С. 14–15.

9. Гайипов А. Б. Влияние надежности колесных пар инновационных вагонов в эксплуатации на потребность в новых колесах / А. Б. Гайипов, Ю. П. Бороненко, Т. М. Белгородцева // Транспорт Российской Федерации. – 2020. – № 1 (86). – С. 52–57.

10. Орлова А. М. Анализ существующей ситуации взаимодействия колес и рельсов / А. М. Орлова // Постановка задач исследования: тез. докл. XI Международ. науч.-технич. конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты» (Санкт-Петербург, 6–10 июля 2016 г.). – СПб.: ПГУПС, 2016. – С. 121–123.

11. Ромен Ю. С. Состояние ходовых частей подвижного состава и износы в системе «колесо–

рельс» / Ю. С. Ромен, А. М. Орлова, В. С. Лесничий // Вестник ВНИИЖТ. – 2010. – № 2. – С. 42–45.

Дата поступления: 08.09.2021

Решение о публикации: 25.09.2021

Контактная информация:

ГАЙИПОВ Азиз Бахромович – аспирант;
AzizG89@yandex.ru

Influence of inaccuracies and measurement errors on frequency of uncoupling of cars for unscheduled repairs on the railways of the Republic of Uzbekistan

A. B. Gayipov

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Gayipov A. B. Influence of inaccuracies and measurement errors on frequency of uncoupling of cars for unscheduled repairs on the railways of the Republic of Uzbekistan. *Proceedings of Petersburg State Transport University*, 2021, vol. 18, iss. 4, pp. 507–514. (In Russian)
DOI: 10.20295/1815-588X-2021-4-507-514

Summary

Objective: Considering the impact of inaccuracy and errors in measuring the thickness of the flange of wheelsets on the frequency of uncoupling for unscheduled repairs on the railways of the Republic of Uzbekistan. Conducting an analysis of the impact of uncoupling freight cars for unscheduled wheelset malfunctions repairs. **Methods:** Methods of combinatorial and statistical analyzes of the initial data are used. **Results:** A detailed analysis of car uncoupling for unscheduled repairs on the railways of Uzbekistan has been carried out. The probabilities of car uncoupling operation in TR-2 (current repair) due to the “thin flange” malfunction have been determined. The influence of inaccuracies and measurement errors on the frequency of uncoupling of cars for such a repair is estimated. **Practical importance:** The results obtained contribute to the deepening of knowledge about the possibility of the influence of inaccuracies and errors in measuring the thickness of the flange of wheelsets on the performance of cars.

Keywords: Wheelsets, flange, wear, fine flange, rolling surface, grade record, copying bar.

References

1. Boronenko Yu. P. Analiz effekta i riskov ot umen'sheniya dopustimoy tolshchiny grebnya koleasa do 24 mm [Analysis of the effect and risks of reducing the permissible thickness of the wheel flange to 24 mm]. *Podvizh-*

noy sostav XXI veka: idei, trebovaniya, proyekty: Materialy XIV Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii “210-letiyu sozdaniya pervogo transportnogo vuzsa Rossii posvyashchayetsya” [Rolling stock of the 21st century: ideas, requirements, projects: Materials of the XIV International Scientific and Technical Confe-

rence “Dedicated to the 210th anniversary of the creation of the first transport university in Russia”). Saint Petersburg, PGUPS [Petersburg State Transport University] Publ., 2019, pp. 12–17. (In Russian)

2. Boronenko Yu. P. Millimetr ne reshit problem iznosa grebney koles telezhek tipa 18-100 [Millimeter will not solve the problems of wear of wheel flanges of bogies type 18-100]. *Gudok, Gas*, 2018, p. 2. Available at: gudok.ru (accessed: August 05, 2021). (In Russian)

3. Vorobiev A. A. & Terekhov P. M. Uvelicheniye resursa zheleznodorozhnogo kolesa tekhnologicheskim metodom [Increasing the resource of the railway wheel by the technological method]. *Nauchnyye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka [Scientific problems of transport in Siberia and the Far East]*, 2010, no. 2, pp. 121–125. (In Russian)

4. Rakhimov R. V. Vybor napravleniy razvitiya vagonnogo parka zheleznykh dorog Uzbekistana [The choice of directions for the development of the wagon fleet of Uzbekistan railways]. *Transport Rossiyskoy Federatsii [Transport of the Russian Federation]*, 2018, no. 1 (74), pp. 71–74. (In Russian)

5. *Kontsepsiya razvitiya Upravleniya vagonnogo khozyaystva AO “UTY” na 2018–2022 gg. [The concept of development of the Department of carriage facilities of JSC “UTY” for 2018–2022]*. Tashkent, JSC “UTY” [Uzbekistan Railways] Publ., 2018, 40 p. (In Russian)

6. *Osnovnyye pokazateli sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Uzbekistan za 2018–2020 gg. Transport i svyaz' [Key indicators of socio-economic development of the Republic of Uzbekistan for 2018–2020. Transport and communications]*. State Committee of the Republic of Uzbekistan on Statistics. Available at: <https://stat.uz/uploads/doklad> (accessed: January 20, 2021). (In Russian)

7. Goncharov S. E. Iznos grebney kolesnykh par gruzovykh vagonov [Wheelset flange wear of freight cars]. *Tekhnika zheleznykh dorog [Railway Engineering]*, 2017, no. 4 (40), pp. 32–37. (In Russian)

8. Kaletin S. V. Izmeneniye geometricheskikh razmerov kolesnykh par gruzovykh vagonov v chasti snizheniya kriteriyev brakovki po tolshchine grebnya [Changing the geometric dimensions of the wheelsets of freight cars in terms of reducing the criteria for rejection by flange thickness]. *Tekhnika zheleznykh dorog [Railway Engineering]*, 2018, no. 1 (41), pp. 14–15. (In Russian)

9. Gayipov A. B., Boronenko Yu. P. & Belgorodtseva T. M. Vliyaniye nadezhnosti kolesnykh par innovatsionnykh vagonov v ekspluatatsii na potrebnost' v novykh kolesakh [Influence of reliability of wheelsets of innovative cars in operation on the need for new wheels]. *Transport Rossiyskoy Federatsii [Transport of the Russian Federation]*, 2020, no. 1 (86), pp. 52–57. (In Russian)

10. Orlova A. M. Analiz sushchestvuyushchey situatsii vzaimodeystviya koles i rel'sov [Analysis of the existing situation of interaction of wheels and rails]. *Postanovka zadach issledovaniya. Tezisy dokladov XI Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii “Podvizhnoy sostav XXI veka: idei, trebovaniya, projekty” (Sankt-Peterburg, 6–10 iyulya 2016 g.) [Statement of research tasks. Abstracts of the XI International scientific and technical conference “Rolling stock of the XXI century: ideas, requirements, projects” (St. Petersburg, July 6–10, 2016)]*. Saint Petersburg, PGUPS [Petersburg State Transport University] Publ., 2016, pp. 121–123. (In Russian)

11. Romen Yu. S., Orlova A. M. & Forester V. S. Sostoyaniye khodovykh chastey podvizhnogo sostava i iznosy v sisteme «koleso–rel's» [State of the running parts of the rolling stock and wear in the wheel – rail system]. *Vestnik VNIIZhT [Bulletin of the Railway Research Institute]*, 2010, no. 2, pp. 42–45. (In Russian)

Received: September 08, 2021

Accepted: September 25, 2021

Author's information:

Aziz B. GAYIPOV – Postgraduate Student;
AzizG89@yandex.ru