

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 629.4.0.14.24

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-5>

Позиционирование колесных пар при измерении линейных параметров

**Владимир Сергеевич Красильников***Филiaal Самарского государственного университета путей сообщения, Нижний Новгород, Россия.**ORCID: 0000-0002-8592-0396; PИИЦ Author ID: 1112077; PИИЦ SPIN-код: 2304-4962.**✉ vskrasilnikov@ya.ru.*

Владимир КРАСИЛЬНИКОВ

АННОТАЦИЯ

Устройства для позиционирования относятся к устройствам для перемещения объектов, а именно к подъемным устройствам, и используются в различных отраслях машиностроения, в том числе, в железнодорожном машиностроении. Устройства данного типа актуальны для применения в измерительной технике для позиционирования деталей вращения. Устройство для позиционирования обычно используется в составе устройств для измерения и контроля размеров колесных пар.

В задачу исследования входило рассмотрение различных способов и устройств для позиционирования колесных пар, выявление их достоинств, ограничений и недостатков.

Цель исследования состояла в разработке нового устройства для позиционирования, позволяющего повысить надежность его работы, расширить области применения и функциональные возможности. В статье даны рекомендации по созданию более универсального устройства позиционирования, пригодного к применению для колесных пар различных типов.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, позиционирование, перемещение, колесная пара, измерительная система, линейные параметры, позиция измерения.

Для цитирования: Красильников В. С. Позиционирование колесных пар при измерении линейных параметров // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 36–42. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-5>.

**Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.
English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.**

ВВЕДЕНИЕ

Устройства для позиционирования используются в железнодорожном машиностроении в производстве колесных пар, а также на ремонтных предприятиях сети железных дорог в процессе ремонта и формирования колесных пар. Устройство позиционирования предназначено для перемещения колесной пары с рельсового пути в измерительную систему на позицию измерения линейных параметров после ремонта или формирования колесной пары для проверки точности размеров, в том числе и после выполнения репрофилирования ее поверхностей катания. Устройство позиционирования используется обычно в составе технологического оборудования по ремонту колесных пар [1; 2] и, в частности, в составе систем для измерения линейных параметров элементов колесных пар [3–6], по которым производится оценка их ресурса [7–9].

В статье с помощью *сравнительного анализа* рассмотрены достоинства и ограничения известных способов и устройств позиционирования. Недостатки существующих устройств связаны с невысокой точностью позиционирования колесной пары, обусловленной погрешностями ее установки относительно измерительной системы, а также с погрешностями измерений, возникающими из-за вибрации колесной пары при ее вращении в позиции измерения.

Цель исследования состояла в разработке нового устройства позиционирования, ориентированного на преодоление недостатков известных устройств и повышение надежности работы. В статье даны рекомендации по дальнейшей разработке более универсального устройства позиционирования для различных типов колесных пар.

РЕЗУЛЬТАТЫ

История применения известных устройств для позиционирования колесных пар

Устройства для позиционирования колесных пар используются в измерительной технике более 40 лет. Одним из наиболее ранних устройств такого рода было устройство, которое предложили Г. Витткопп и Г. Грутезер в 1981 году [10]. В этом устройстве конструктивно разделены узлы, обеспечивающие базирование колесной пары, а именно, базирующее приспособление и опорный стол, приме-

няемый в качестве подъемника колесной пары. Однако данное разделение привело к необходимости проведения дополнительной операции по перемещению колесной пары с опорного стола в базирующее приспособление, что усложнило процесс измерений, и, тем самым, явилось, если смотреть с позиций сегодняшнего дня, определенным недостатком устройства.

В 1988 году в заявке № 262425 ПНР было предложено другое устройство для позиционирования [11]. Данное устройство, подробно описанное в [12], имеет базирующее приспособление и стол с опорами, предназначенными для размещения на них колесной пары. Базирующее приспособление в устройстве [11] совмещено с опорным столом в отличие от предыдущего устройства [10]. Такое совмещение привело к упрощению конструкции, но снизило точность измерений из-за того, что колесная пара подвергается толчкам и ударам во время ее размещения на столе, а также вибрации при последующем вращении. Это приводит к появлению биений (из-за отклонений от номинальных размеров колесной пары и опорного стола), что снижает точность измерений.

Другим недостатком устройства [11] является невысокая точность позиционирования, связанная с большими допусками¹ на отклонение от концентричности круга катания и на отклонение высоты гребней колес (до 1 мм). Недостатком является также недостаточная устойчивость колесной пары, возникающая из-за того, что колесная пара размещается на опорах посредством контакта с гребнями колес.

Устройство с повышенной точностью позиционирования

В 2007 году с участием автора статьи было разработано устройство для позиционирования колесной пары с повышенной точностью [13]. Цель создания устройства заключалась в повышении точности позиционирования и устойчивости колесных пар типа РУ1–950 и РУ1Ш–950 грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 мм.

¹ Инструкция ЦВ-944 по осмотру, освидетельствованию, ремонту и формированию вагонных колесных пар. Утверждена МПС России от 20 июня 2003 г. № ЦВ-944. Введ. 2006-01-01. [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/1200102226>.



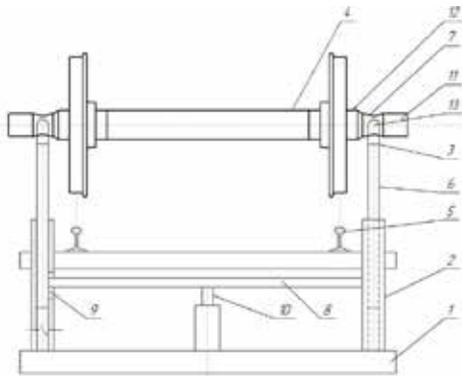


Рис. 1. Устройство для позиционирования колесной пары [13]: 1 – основание, 2 – направляющие, 3 – опоры, 4 – колесная пара, 5 – рельсы, 6 – стойки, 7 – галтельные переходы, 8 – перекладина, 9 – прорезы в направляющих, 10 – механизм перемещения, 11 – шейка оси, 12 – предподступичная часть оси, 13 – область контакта опоры и галтельного перехода.

Эти колесные пары² выпускались до 2006 года с номинальным диаметром 950 мм. Схема устройства для позиционирования [13] показана на рис. 1.

На горизонтальном основании 1 устройства [13] закреплены вертикальные направляющие 2, которые выполнены в форме труб. Внутри направляющих 2 расположены подвижные стойки 6, на которых установлены опоры 3 для размещения колесной пары 4 при снятии с рельсов 5. Стойки 6 расположены между собой на расстоянии, равном расстоянию между галтельными переходами 7, и соединены перекладиной 8. Направляющие 2 имеют прорезы 9, в которых перемещается перекладина 8. Перекладина 8 опирается на механизм 10 вертикального перемещения, установленный на основании 1. Опоры 3 выполнены в форме V-образных ложементов для взаимодействия с поверхностью галтельных переходов 7, расположенных между цилиндрической частью шейки 11 и предподступичной частью 12.

Контактные поверхности опор 3 выполнены ответными образующей галтельных переходов 7, то есть, сечение контактных поверхностей опор 3 в области контакта 13 опоры и галтельного перехода совпадает с сечением поверхности галтельных переходов 7.

Поставленная задача по повышению точности позиционирования и повышению

² ГОСТ 4835-2013. Колесные пары железнодорожных вагонов. Технические условия. Введ. 2014–01–07 приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 ноября 2013 г. № 1421-ст. – М.: Стандартинформ, 2014. – 66 с.

устойчивости колесной пары была решена в устройстве [13] за счет того, что опоры выполнены в виде V-образных ложементов. Главной особенностью устройства [13] является то, что контактная поверхность опор выполнена ответной образующей поверхности галтельных переходов (занижение диаметра шейки оси в области галтели¹ достигает 0,45 мм), а расстояние между стойками выбрано равным расстоянию между галтельными переходами. Такое выполнение устройства [13] позволило (путем переноса опор под указанные галтельные переходы) добиться уменьшения погрешности позиционирования, вносимой механическими составляющими устройства [11] при взаимодействии опор с гребнями колес. Это уменьшение обеспечено тем, что допуски на размеры галтельных переходов (0,2 мм [8]) в пять раз меньше, чем допуски на размеры диаметра колес колесной пары, измеренных по их гребням (порядка 1 мм). Тем самым точность позиционирования оси колесной пары в [13] была повышена до величины $\pm 0,2$ мм.

Устойчивость колесной пары в устройстве [13] повышена за счет существенного уменьшения высоты колесной пары по отношению к опорам, так как диаметр галтельных переходов (порядка 130 мм), которыми колесная пара опирается на опоры, намного меньше диаметра колес (950 мм).

Дополнительный фактор повышения устойчивости колесной пары в устройстве [13] обусловлен увеличением величины расстояния между опорами до величины расстояния между галтельными переходами (1874 мм), которое превышает на 402 мм расстояние между гребнями колес (1472 мм).

Расположение стоек 6 на расстоянии между ними, равном величине расстояния между галтельными переходами, и непосредственно под опорами в устройстве [13] исключает возможность деформации изгиба креплений опор, возникающей при опирании колесной пары гребнями колес на выступающие опоры опорного стола (что наблюдается в устройстве [11]), и позволяет дополнительно повысить точность позиционирования.

Специальное выполнение контактной поверхности опор в виде ответной образующей поверхности галтельных переходов позволяет уменьшить удельное давление на

опоры со стороны колесной пары, что позволяет предотвратить локальный износ контактной поверхности опор, в результате чего повышается точность позиционирования в процессе длительной эксплуатации устройства [13].

Выполнение опор в виде V-образных ложементов позволяет установить колесную пару симметрично по отношению к осевой вертикальной плоскости, а также относительно поперечной вертикальной плоскости устройства позиционирования, что упрощает процесс установки колесной пары в позицию измерения. Выбор способа размещения колесной пары путем контакта галтельных переходов с опорами, выполненными в виде V-образных ложементов, контактная поверхность которых ответна образующей поверхности галтельных переходов, позволяет зафиксировать колесную пару как в поперечном, так и в продольном направлении. Это обеспечивает надежность закрепления измеряемого объекта относительно выбранной системы координат.

Однако и это устройство [13] имеет ограничения и недостатки, а именно, отсутствует возможность применения устройства для колесных пар различных типов – для колесных пар с разными расстояниями между галтельными переходами шеек оси и с шейками различного диаметра.

Устройство для позиционирования колесных пар с шейками осей различного диаметра

Следующим этапом стало новое устройство для перемещения (позиционирования) колесных пар, разработанное автором статьи в 2022 году [14]. Разработка этого устройства направлена на обеспечение сохранности поверхности шеек осей, повышение надежности работы устройства и расширение области применения для колесных пар различных типов, а именно, для колесных пар с разными расстояниями между галтельными переходами и с шейками осей различного диаметра.

На рис. 2 приведено схематическое изображение устройства [14], на рис. 3 показан разрез по поперечной (радиальной) вертикальной плоскости механизма вертикального перемещения колесной пары, а на рис. 4 показан фрагмент устройства для перемещения (позиционирования) [14] в составе авто-

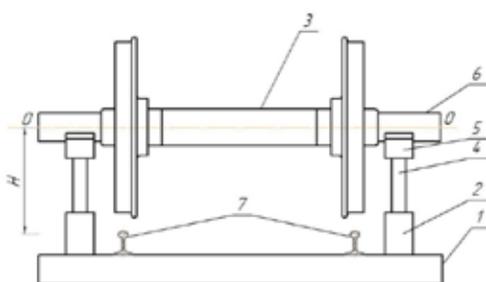


Рис. 2. Схематическое изображение устройства для перемещения колесных пар:

1 – основание, 2 – механизм вертикального перемещения колесной пары, 3 – колесная пара, 4 – подвижная часть механизма вертикального перемещения, 5 – опоры с плоскими накладками, 6 – шейка оси, 7 – рельсовый путь, O-O – геометрическая ось колесной пары, H – высота расположения геометрической оси колесной пары, находящейся в позиции измерения [14].

матизированной установки³ бесконтактного измерения геометрических параметров колесных пар, разработанной на основе принципов создания устройства для измерения линейных размеров колесных пар [15].

На основании 1 устройства [14] (см. рис. 2) закреплен механизм 2 вертикального перемещения, на подвижных частях 4 которого закреплены опоры 5 для размещения шеек 6 оси колесной пары 3. В состав механизма 2 входят гидроцилиндры (на рис. 2 не показаны).

Опоры 5 выполнены V-образными, и на них установлены плоские сменные накладки. Толщина накладок выбирается для каждого типа колесной пары отдельно в зависимости от величины диаметра шеек 6 оси для того, чтобы обеспечить уровень положения геометрической оси колесных пар 3 с шейками разного диаметра на одинаковой высоте H в позиции измерения. Высота H измеряется от уровня головок рельсов до уровня геометрической оси колесной пары в позиции измерения.

Отличительной особенностью проведения измерений в устройстве [14] является то, что колесную пару 3 в позицию измерения на заданную высоту H поднимают, используя механический контакт плоских накладок опор 5 с цилиндрическими шейками 6 оси колесной пары 3. Далее, в позиции измерения, фиксируют колесную пару в установке³

³ Установки автоматизированные бесконтактного измерения геометрических параметров колесных пар «Геопар». Технические условия. ТУ 3138-076-52473498-2008 (НЖСА.401.722.000 ТУ). Введ. 2008-08-08. – 22 с.



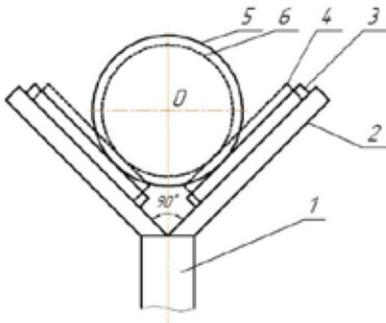


Рис. 3. Расположение шеек осей колесной пары в позиции измерения на накладках опор устройства для перемещения колесных пар (разрез по поперечной вертикальной плоскости механизма вертикального перемещения на рис. 2): 1 – подвижная часть механизма перемещения, 2 – опора, 3 и 4 – накладки разной толщины, 5 и 6 – шейки разного диаметра, O – геометрическая ось колесной пары [14].

для измерения линейных параметров колесных пар [15], включают вращение колесной пары 3 и производят измерение ее линейных параметров. После проведения измерений все операции производят в обратной последовательности и опускают колесную пару колесами на рельсовый путь 7. На рис. 3 показано расположение шейки оси на накладках опоры механизма вертикального перемещения устройства для перемещения колесных пар [14].

Подвижная часть 1 механизма вертикального перемещения (см. рис. 3) содержит опоры 2 с накладками 3, 4 разной толщины, которые обеспечивают расположение шеек 5, 6 разного диаметра в позиции измерения колесной пары. Угол между двумя частями опор составляет 90 градусов.

На рис. 4 показан фрагмент устройства для перемещения колесных пар [14], который является частью установки³ для измерения геометрических параметров.

Устройство для перемещения колесных пар [14], включающее механизм 1 вертикального перемещения (гидроцилиндр) и опоры 2 с накладками, находится в составе установки для измерения геометрических параметров, включающей стенд 3, блок 5 измерения диаметров шейки оси и блок 6 измерения диаметров оси колесной пары 4.

При определении геометрических параметров каждое измерение повторялось пять раз ($n = 5$). За измеренное значение $D_{изм}$ принималось среднее арифметическое значение:

$$D_{изм} = \frac{D_1 + D_2 + \dots + D_n}{n}.$$

Абсолютная погрешность для каждого результата измерений определялась как разность среднего арифметического значения результата измерения параметра и действительного размера D_o калибровочного приспособления: $\pm \Delta = D_{изм} - D_o$.

В частности, для измерения диаметров шеек осей колесных пар РУ1–957 и РУ1Ш-957 в диапазоне 129...131 мм использовался калибровочный стержень КС130 длиной 130 мм, измеренный службой метрологии с погрешностью $\pm 0,0013$ мм. Калибровочный стержень устанавливался на технологическом кронштейне в блоке измерения диаметров шейки оси. Затем производилось измерение длины стержня, которая соответствовала диаметру шейки оси колесной пары. Абсолютная погрешность измерения диаметра шейки оси не превышала значений $\pm 0,0040$ мм.

Преимущества нового устройства для позиционирования

Применение плоских накладок (см. рис. 3) в новом устройстве для измерения колесных пар, имеющих шейки осей различного диаметра [14], позволяет установить колесную пару симметрично относительно осевой вертикальной плоскости, что облегчает последующее позиционирование колесной пары в установке³. Выполнение накладок плоскими позволяет реализовать их достаточно широкими (до 120 мм) в направлении оси колесной пары. Это обеспечило возможность измерения колесных пар с разными расстояниями между галтельными переходами и, тем самым, дополнительно расширило область применения устройства [14].

Применение сменных плоских накладок, толщина которых выбирается в зависимости от величины диаметра шеек осей, обеспечило возможность позиционирования колесных пар с шейками разного диаметра.

Выполнение накладок из латуни, имеющей меньшую твердость, чем твердость шеек стальных колесных пар, позволило исключить повреждение поверхности шеек оси.

Контакт плоских накладок с цилиндрическими поверхностями шеек обеспечивает наибольшую точность позиционирования колесной пары, так как допуск на размер диаметра шейки оси (0,004 мм) значительно меньше, чем допуски (1,0 мм) на размеры других частей колесной пары (гребни колес,

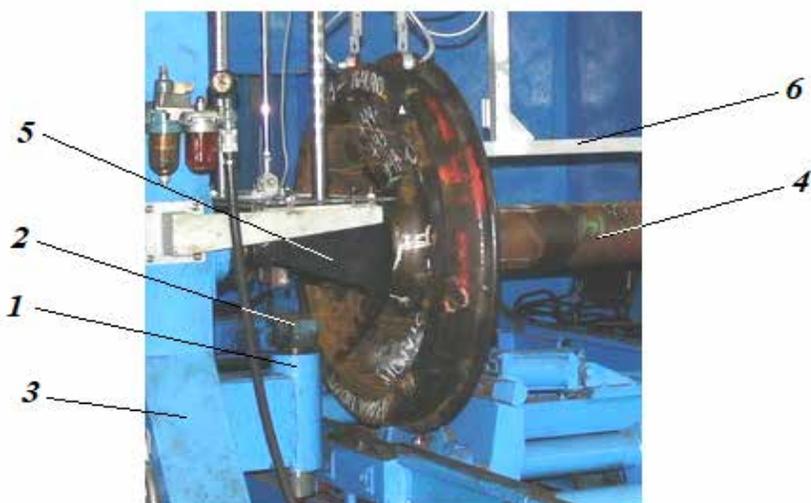


Рис. 4. Фрагмент устройства для перемещения колесных пар в составе установки³ для измерения геометрических параметров: 1 – механизм вертикального перемещения колесной пары в позицию измерения (гидроцилиндр), 2 – опора с накладками, 3 – стэнд установки для измерения геометрических параметров, 4 – колесная пара в позиции измерения, 5 – блок измерения диаметров шейки оси, 6 – блок измерения диаметров оси колесной пары [14].

поверхности катания колес), поверхности которых используются в качестве контактных поверхностей в устройствах [10; 11].

Однако, точность позиционирования колесной пары, величиной порядка $\pm 0,004$ мм, в данном случае оказывается все же недостижимой, так как погрешность позиционирования определяется допусками на изготовление элементов механизма вертикального перемещения, которые в реальном исполнении составляют величину порядка 0,1 мм, поэтому именно эта величина и определяет действительную точность позиционирования ($\pm 0,1$ мм) колесной пары в устройстве [14]. Данная точность позиционирования ($\pm 0,1$ мм) в два раза превосходит точность позиционирования в устройстве [13], в котором она составляет величину $\pm 0,2$ мм.

Опыт эксплуатации устройства перемещения [14] для позиционирования колесных пар в составе автоматизированной установки³ бесконтактного измерения геометрических параметров, размещенной на участке выходного контроля вагонно-колесных мастерских ГЖД, показал, что устройство [14] имеет существенные преимущества в сравнении с известными устройствами для позиционирования [10; 11]. Были подтверждены высокие технические возможности устройства [14] в части повышения точности позиционирования колесной пары на позиции измерения (до $\pm 0,1$ мм) и в части обеспечения позиционирования колесных пар с шейками осей

разного диаметра. Диаметры шеек осей колесных пар составляют, например, для вагонов, тепловозов ТЭП-70 и вагонов с повышенными осевыми нагрузками: 130¹, 160² и 180 мм⁴, соответственно.

Целью дальнейшей разработки должно стать создание более универсального устройства для позиционирования любых типов колесных пар, в том числе, и для высокоскоростных поездов [16]. Требуется также разработка специального механизма подъема колесных пар с шейками различного диаметра на позицию измерения, который бы обеспечивал их позиционирование на одинаковом уровне расположения геометрической оси колесной пары без применения сменных накладок.

ВЫВОДЫ

Техническим результатом разработки нового устройства перемещения [14] для позиционирования колесных пар является расширение области применения устройства и его функциональных возможностей, повышение надежности работы и обеспечение сохранности цилиндрических поверхностей шеек оси колесных пар. Устройство обеспечивает высокую точность позиционирования

⁴ ГОСТ 22780-93. Оси для вагонов железных дорог колеи 1520 (1524) мм. Типы, параметры и размеры. Введ. 1995-01-01. Постановление Комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 02.06.1994, № 160. – 20 с.





колесных пар (до $\pm 0,1$ мм) с разными расстояниями между галтельными переходами и с шейками осей различного диаметра. Для дальнейшего расширения области применения необходима разработка более универсального устройства позиционирования, пригодного к применению для любых типов колесных пар подвижного состава.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сенько В. И., Чернин Р. И., Удодов А. С. Новая технологическая оснастка для ремонта колесных пар вагонов // Актуальные вопросы машиноведения. – 2014. – Т. 3. – С. 285–287. EDN: ZCHPZF.
2. Скрыбин В. А. Испытания технологического оборудования для изготовления колесных пар железнодорожного транспорта // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2018. – № 8. – С. 4–10. EDN: XWBTJR.
3. Красильников В. С., Ерилин Е. С., Фогель А. Л. Пат. № 2301968 Российская Федерация, МПК G01B 11/08, G01B 11/24. Способ контроля диаметров детали / заявитель и патентообладатель ГУП Нижегородское отделение – дочернее предприятие ВНИИЖТ МПС РФ. – № 2005132431/28; заявл. 20.10.05; опубл. 27.06.07. Бюл. № 18. – 5 с. EDN: YPEUHD.
4. Красильников В. С., Ерилин Е. С., Фогель А. Л. Пат. № 2312304 Российская Федерация, МПК G01B 7/12. Устройство для измерения диаметра цельнокатаных колес и бандажей по кругу катания / заявитель и патентообладатель ГУП Нижегородское отделение – дочернее предприятие ВНИИЖТ МПС РФ. – № 2006126223/28; заявл. 19.07.06; опубл. 10.12.07. Бюл. № 34. – 5 с. EDN: JMLRXV.
5. Красильников В. С., Ерилин Е. С., Фогель А. Л. Пат. № 65209 Российская Федерация, МПК G01B 7/12. Устройство для измерения геометрических параметров бандажей колес подвижного состава / заявитель и патентообладатель ГУП Нижегородское отделение – дочернее предприятие ВНИИЖТ МПС РФ. – № 2007102761/22; заявл. 24.01.07; опубл. 27.07.07. – 6 с. EDN: BAWQDM.
6. Красильников В. С., Ерилин Е. С., Фогель А. Л. Пат. № 62233 Российская Федерация, МПК G01B 7/12. Устройство для измерения диаметра цельнокатаных колес по кругу катания / заявитель и патентообладатель ГУП Нижегородское отделение – дочернее предприятие ВНИИЖТ МПС РФ. – № 2006138924/22; заявл. 03.11.06; опубл. 27.03.07. – 5 с. EDN: GQXNVX.
7. Кольцов Ю. А., Скребков А. В. Оценка ресурса колесных пар электровозов по информации о замерах контролируемых параметров // Транспорт Урала. – 2019. – № 4 (63). – С. 49–52. EDN: VIPGVN.
8. Игнатъев О. Л., Игнатъева О. В. Инновационный подход к снижению износа колесных пар нетягового подвижного состава для повышения эксплуатационной эффективности // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 1 (50). – С. 30–32. EDN: ECVFKZ.
9. Воробьев А. А., Шадрин Н. Ю., Шадрин А. Н. Экспериментальная оценка точности восстановления бандажей колесных пар тягового подвижного состава на

колесо-фрезерных станках // Новые материалы и технологии в машиностроении. – 2022. – № 35. – С. 17–22. EDN: WJRZQS.

10. Виткопф Г., Грутезер Г. А. Пат. 847945 СССР, МПК G 01 B 5/08; G 01 B 5/20. Способ измерения профилей катания колесных пар при репрофилировании и устройство для его осуществления / Патентообладатель фирма «Вильгельм Хегеншейд ГмбХ» (ФРГ). Заявка 2407201; заявл. 06.10.76; опубл. 15.07.81, Бюл. № 26. – 6 с. [Электронный ресурс]: <https://patentimages.storage.googleapis.com/04/34/ff/3e75af9a0b4c1c/SU847945A3.pdf>. Доступ 22.11.2023.

11. Заявка на изобретение № 262425 ПНР, МПК G 01B; B 61K. Способ и устройство для измерения геометрического состояния колесной пары и износа ее рабочих профилей. Опубл. 1988 г., Бюл. патентного ведомства ПНР № 318/384/1988. № 384. – С. 82. (Zgłoszenie wynalazku Nr 262425 PRL. Sposob i urzadzenie do pomiaru stanu geometrycznego zestawow kołowych i zuzyccie profilow roboczych tych zestawow, MKP G 01B; B 61K. Biuletyn urzedu patentowego Nr 318 /384/ 1988. № 384, P. 82. Applicant: Kolejowe Zakłady Maszyn i Sprzętu Drogowego «RACIBÓRZE», Racibórz. Inventors: Madecki, Oerzy; Przewoźnik, Andrzej; Rudzki, Michał; Sierżant, Roman; Tokarski, Janusz; Wiechula, Paweł). [Электронный ресурс]: https://uprp.gov.pl/sites/default/files/bup/1988/18/bup18_1988.pdf. Доступ 22.11.2023.

12. Сыченков В. В., Фроловский В. В. Пат. 2229995 Российская Федерация, МПК B 61 K 9/12, G 01 M 17/10. Способ базирования колесной пары, базирующее приспособление и устройство для позиционирования колесной пары, а также комплекс для измерения нормируемых линейных размеров колесных пар / заявитель и патентообладатель Сыченков Владимир Васильевич. – № 2001133186/11; заявл. 06.12.01; опубл. 10.06.04, Бюл. № 16. – 14 с. EDN: TEDPHR.

13. Красильников В. С., Ерилин Е. С., Земляков С. Г. [и др.] Пат. 62103 Российская Федерация, МПК B66F 11/00. Устройство для позиционирования колесной пары / заявитель и патентообладатель ГУП Нижегородское отделение – дочернее предприятие ВНИИЖТ МПС РФ. – № 2006138920/22; заявл. 03.11.06; опубл. 27.03.07. Бюл. № 9. – 5 с. [Электронный ресурс]: https://www1.fips.ru/Archive/PAT/2007FULL/2007.03.27/INDEX_RU.HTM. Доступ 22.11.2023.

14. Красильников В. С. Пат. 212118 Российская Федерация, МПК B66F 11/00; СПК B66F 11/00. Устройство для перемещения колесных пар / заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения». – № 2022110773; заявл. 20.04.22; опубл. 06.07.22. Бюл. № 19. – 5 с. EDN: ONRBCO.

15. Красильников В. С., Беагон В. С., Ерилин Е. С. [и др.]. Пат. 2319925 Российская Федерация, МПК G 01 B 5/08, G 01 B 5/20. Устройство для измерения линейных размеров колесных пар / заявитель и патентообладатель ГУП Нижегородское отделение – дочернее предприятие ВНИИЖТ МПС РФ. – № 2006114906/28; заявл. 02.05.06; опубл. 20.03.08. Бюл. № 8. – 6 с. EDN: ARYASB.

16. Михайлов И. Г., Князев Д. А., Сухов А. В. [и др.]. Концепция колесных пар для перспективного высокоскоростного поезда // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. – 2018. – № 2 (42). – С. 49–61. EDN: XMGCAH. ●

Информация об авторе:

Красильников Владимир Сергеевич – кандидат физико-математических наук, доцент филиала Самарского государственного университета путей сообщения, Нижний Новгород, Россия, vskrasilnikov@ya.ru.

Статья поступила в редакцию 08.06.2023, актуализирована 30.11.2023, одобрена после рецензирования 20.12.2023, принята к публикации 27.12.2023.