

УДК 629.44:629.488.027.5

<https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-1-29-40>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РЕМОНТА И ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ ЭЛЕМЕНТОВ КОЛЕСНЫХ ПАР ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Р. И. ЧЕРНИН

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

А. В. ПУТЯТО, И. Л. КОЦУР

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Приведены основные направления повышения эксплуатационной надежности соединений с натягом элементов колесных пар железнодорожного подвижного состава, в частности соединений «ось – ступица колеса», «ось – внутренние кольца буксовых подшипников», «колесный центр – бандаж». Предложен ряд технических и технологических решений, направленных на совершенствование технологии ремонта и контроля соединений с натягом, обеспечивающих, наряду со снижением себестоимости ремонтных работ, повышение безопасности движения поездов.

Ключевые слова: колесная пара, соединение с натягом, сборка, разборка, прочность, контроль, ремонт.

Для цитирования. Чернин, Р. И. Совершенствование технологий ремонта и изготовления соединений с натягом элементов колесных пар железнодорожного подвижного состава / Р. И. Чернин, А. В. Путято, И. Л. Коцур // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2024. – № 1 (96). – С. 29–40. <https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-1-29-40>

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGIES FOR REPAIR WORK AND PRODUCTION OF TENSION JOINTS FOR WHEEL PAIR ELEMENTS OF RAILWAY ROLLING STOCK

R. I. CHERNIN

Belarusian state university of transport, Gomel

A. V. PUTSIATA, I. L. KOTSUR

*Sukhoi State Technical University of Gomel,
the Republic of Belarus*

In this article the main directions for increasing the operational reliability of tension joints for wheel pair elements of railway rolling stock have been given. Particular attention has been paid to such joints as “axis – wheel hub”, “axis – inner rings of axis bearings”, “wheel center – tire”. A number of technical and technological solutions have been proposed aimed at improving the technology for repair work and control of tension joints. These solutions ensure the cost reduction of repair work, as well as the increase in the safety of train traffic.

Keywords: wheel pair, tension joints, assembly, disassembly, strength (durability), control, repair work.

For citation. Chernin R. I., Putsiata A. V., Kotsur I. L. Improvement of technologies for repair work and production of tension joints for wheel pair elements of railway rolling stock. *Vestnik Gomel'skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni P. O. Sukhogo*, 2024, no. 1 (96), pp. 29–40 (in Russian). <https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-1-29-40>

Введение

Значение железнодорожного транспорта, связывающего в единое целое области и районы страны, обеспечивающего потребности населения в перевозках, обороте продуктов промышленности и сельского хозяйства, а также обороне государства, было и остается первостепенным. Его целью, как сферы материального производства, является бесперебойное обеспечение перемещения грузов и пассажиров, которое в свою очередь зависит от многих аспектов. Одним из них является поддержание подвижного состава в исправном техническом состоянии, что во многом определяется качеством исходной конструкции, а также выполнением его ремонта (текущего и планового). Как показывает практика эксплуатации железнодорожного подвижного состава, к наиболее ответственным узлам, требующим повышения эксплуатационной надежности, относятся колесные пары, на долю которых выпадает до 40 % всех отцепок в текущий ремонт [1].

Повышение эксплуатационной надежности рассматриваемого узла возможно по следующим направлениям: совершенствование технологий ремонта ходовых частей, совершенствование методов и средств контроля, разработка и внедрение новых технических и технологических решений.

Рассматриваемому вопросу посвящено большое количество научных работ и инженерных разработок, в особенности в последние годы. На сегодняшний день достаточно высокая доля парка вагонов стран с шириной колеи 1520 мм (в особенности Российской Федерации и Республики Беларусь) оборудована подшипниками кассетного типа, что является одним из вариантов решения вопроса повышения надежности и снижения экономических затрат (надежность буксового узла повышается в 5–6 раз, что позволяет получить безотказную работу в течение 8 лет эксплуатации, или 800 тыс. км пробега). Однако, как было отмечено железнодорожными операторами и производителями роликовых подшипников, это вызывает большую зависимость от импорта [2], и, как показало время, эти опасения обоснованы [3]. Для демонтажа внутренних колец и лабиринтных уплотнений в условиях вагонных депо применяется установка УДВКП-1, которая обеспечивает механическую распрессовку соединений с гарантированным натягом. Для контроля величины натяга в сопряжении известны приборы ПС-219.1 и УДС1-СИН. Вопросы совершенствования акустических методов контроля прессовых соединений колец подшипников с шейками осей колесных пар отражены в работе [4].

Следует отметить, что использование натяга в колесных парах подвижного состава характерно не только для узлов «ось – колесо» и «ось – внутренние кольца подшипников». Такое соединение применяется в составных колесах тягового подвижного состава при формировании соединения «колесный центр – бандаж» [5]. Совершенствование конструкций колес составного типа в настоящее время направлено на увеличение прочности соединения с натягом и упрощение сборки-разборки соединения [6–8], но предполагает наличие дополнительных крепежных элементов при соединении бандажа и колесного центра, что существенно увеличивает время и затраты в рамках соответствующего технологического процесса.

В современных экономических условиях, наряду с обеспечением эксплуатационной готовности подвижного состава, следует всемерно добиваться оптимизации затрат, снижения расходов на их техническую эксплуатацию и ремонт. Экономический эффект от ресурсосбережения при использовании современных технических разработок может быть весьма ощутим и далеко не исчерпан. Необходимо на стадии изготовления и сборки ответственных узлов подвижного состава исключить ряд факторов, обуславливающих снижение их технического ресурса и выход из строя.

Прошедшие качественный ремонт и механосборочные операции ответственные узлы подвижного состава являются выгодной альтернативой приобретению новых, при этом гарантируется оптимальное соотношение «стоимость – жизненный цикл

вагона». Значительный экономический эффект от повышения надежности сборочных единиц вагонов подтверждается на примере роликовых буксовых узлов колесных пар при их качественной сборке и нормальных условиях эксплуатации. Вместе с тем недостатки применяемых в производстве технологии формирования-расформирования и технической диагностики соединений с гарантированным натягом колец подшипников на шейках осей колесных пар во многих случаях обуславливают преждевременный (до установленной наработки по пробегу) выход из строя буксовых узлов вагонов. Затраты на обеспечение их функционирования и осуществление установленных нормативной документацией ремонтов зависят от качества получаемых при сборке тепловых поперечно-прессовых соединений колец подшипников.

Таким образом, целью настоящей работы является разработка технических и технологических решений для повышения эксплуатационной надежности соединений с натягом колесных пар железнодорожного подвижного состава, позволяющих снизить расходы на их эксплуатацию.

Совершенствование технологии ремонта

По первому направлению разработано и запатентовано устройство для распрессовки оси колесной пары вагона [9] (рис. 1) к существующим прессам, которая позволит снизить потребное усилие запрессовки, а также защитит поверхность подступичной части оси от задиров и исключит возможность изгиба оси от внецентренного приложения силы и тем самым сберечь оси для дальнейшего использования (гарантийный срок эксплуатации вагонной оси составляет 8,5 лет [10]).

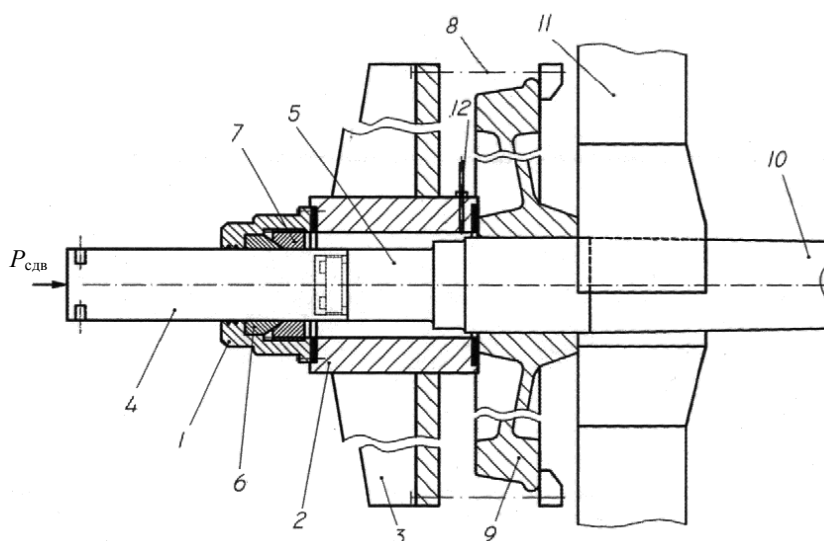


Рис. 1. Принципиальная схема устройства для распрессовки оси колесной пары вагона:

- 1 – распрессовочная головка; 2 – гильза высокого давления; 3 – прижимная траверса; 4 – цилиндрический шток; 5 – шейка оси колесной пары;
- 6 – уплотнительная втулка; 7 – нажимная гайка уплотнения; 8 – прижимные болты; 9 – ступица колеса; 10 – ось колесной пары; 11 – стойка пресса; 12 – штуцер

Устройство работает следующим образом: демонтируемая колесная пара устанавливается при помощи электротельфера на стойку 11 по геометрической продольной оси применяемого пресса (например, П 6738). Распрессовочная головка 1 в подвешенном состоянии на электротельфере размещается соосно, и ее шток 4 в крайнем его положении на выходе из гильзы высокого давления 2, снабженной прижимной траверсой 3, скрепляется соосно на резьбе с шейкой 5 оси колесной пары 10. Распрессовочную головку 1 перемещают по своему цилиндрическому штоку 4 до упора через

изолирующую прокладку в ступицу колеса 9. Прижимают на изолирующей прокладке к ступице колеса 9 при помощи прижимных болтов 8 с захватами за обод колеса гильзу высокого давления 2 для герметизации внутренней ее полости, а затем нагнетают в эту полость рабочую жидкость через штуцер 12 для создания расклинивающей масляной прослойки в зоне сопряжения ступицы колеса 9 и подступичной части оси колесной пары 10. После образования масляной прослойки по всей длине сопряжения прикладывают аксиальную сдвигающую силу $P_{сдв}$ от гидроцилиндра пресса при его воздействии на свободный торец штока 4 при упоре внутреннего торца ступицы колеса 9 в стойку 11. Осуществляется гидрораспрессовка оси с торцевой подачей масла в зону контакта сопряженных с гарантированным натягом деталей 9, 10. После прекращения подачи масла в гильзу 2 и гидроцилиндр пресса устройство для распрессовки вместе со снятым с оси 10 колесом удаляют с пресса при помощи электротельфера. Отворачивают прижимные болты 8, освобождают распрессованное колесо.

Значительный объем работ и время связаны с тепловой посадкой внутренних колец буксовых подшипников на шейки осей колесных пар вагонов, но применение гидропрессовой технологии позволит снизить временные затраты, а также себестоимость их выполнения. Так, на основе разработанной конструкции [11] спроектирован, рассчитан и изготовлен действующий образец устройства для демонтажа внутренних колец буксовых подшипников с шеек осей колесных пар (рис. 2). Демонтаж выполняется при подаче рабочей жидкости через канал при помощи ручного гидравлического насоса высокого давления НРГ-7010 во внутреннюю изолированную полость. После создания расклинивающей масляной прослойки в зоне контакта колец с шейкой оси вращением силового винта осуществляют аксиальное перемещение демонтируемых двух колец подшипников с шейки оси на поршень-шток.

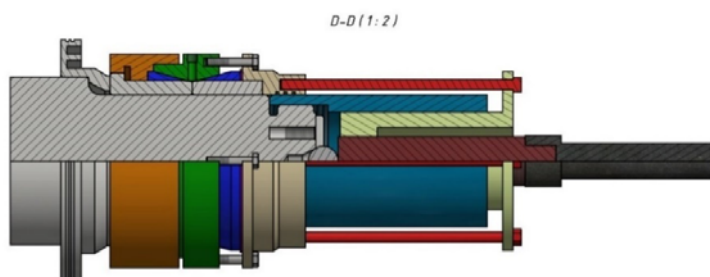


Рис. 2. 3D-модель устройства

Экспериментальное использование образца (рис. 3) позволило выявить ряд задач для дальнейшего совершенствования конструкции устройства, и на этой основе разработана и запатентована конструкция [12] (рис. 4).



Рис. 3. Общий вид устройства для распрессовки внутренних колец буксовых подшипников

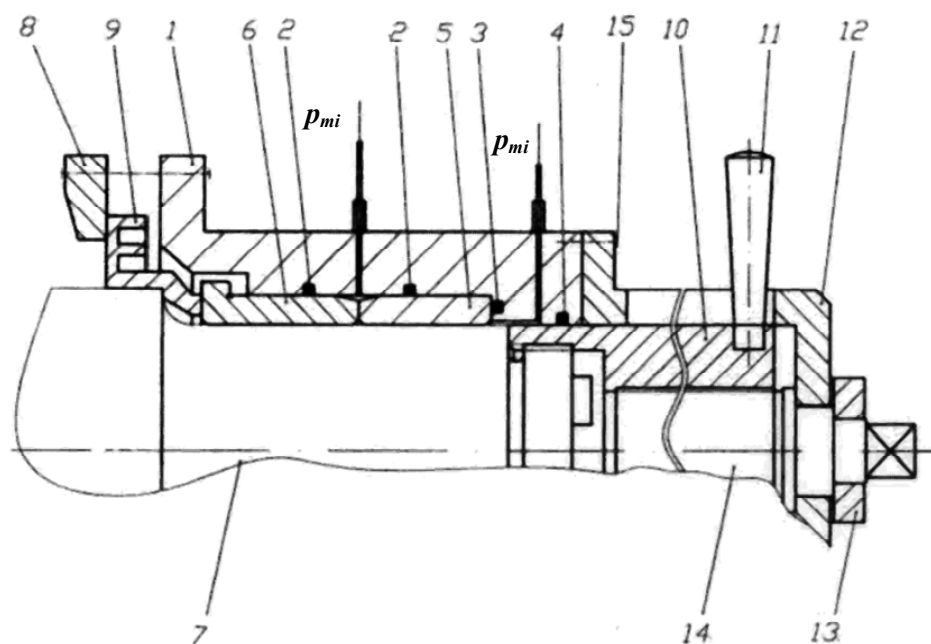


Рис. 4. Принципиальная схема устройства для распрессовки колец буксовых подшипников и кольца лабиринтного уплотнения буксы колесной пары:
 1 – основной корпус; 2–4 – кольцевые уплотнения; 5, 6 – передний и задний подшипники; 7 – шейка оси колесной пары; 8 – резьбовые элементы (захваты);
 9 – лабиринтные уплотнения корпуса буксы; 10 – шток; 11 – рукоятки;
 12 – вспомогательный корпус рабочего гидроцилиндра; 13 – гайка;
 14 – силовой винт; 15 – винты

Устройство работает следующим образом: перед разборкой соединений наворачивают на шейку оси 7 шток 10 при помощи рукояток 11. Надвигают основной корпус 1 на напрессованные кольца 5 и 6 переднего и заднего подшипников. Скрепляют соосно основной корпус гидроцилиндра 1 при помощи захватов 8 с кольцом лабиринтного уплотнения корпуса буксы 9. Нагнетают рабочую жидкость под высоким давлением во внутренние полости основного корпуса 1, изолированные от внешней среды кольцевыми уплотнениями 2–4, и вращением силового винта 14 механической части устройства осуществляют аксиальное перемещение с шейки оси 7 на наружную поверхность (меньшего диаметра) штока 10 напрессованных деталей 5, 6, 9 буксового узла. Отключают подачу масла под давлением, отворачивают при помощи рукояток 11 шток 10, снимают устройство и вынимают распрессованные кольца лабиринтного уплотнения 9, заднего 6 и переднего 5 подшипников буксы роликовой колесной пары.

Использование данного устройства позволяет осуществлять одновременную механическую распрессовку кольца лабиринтного уплотнения корпуса буксы, гидравлическую распрессовку кольца заднего буксового подшипника с односторонней торцевой подачей масла в зону сопряжения, гидропрессовую распрессовку кольца переднего буксового подшипника с односторонней или с двухсторонней (по необходимости) подачей масла в зону сопряжения с одной установки на шейку оси роликовой колесной пары.

Экономический эффект в данном случае достигается в результате:

- снижения расхода электроэнергии, так как нет необходимости использования индукционных нагревателей большой мощности;
- экономии за счет снижения времени необходимого на ремонт колесной пары, так как отпадает необходимость остывания внутренних колец буксовых подшипни-

ков до температуры производственного помещения при неудачной попытке демон- тажа перед его повторением;

– защиты шеек осей колесных пар вагонов от повреждений при распрессовке, что исключает необходимость дополнительной механической обработки при ремон- те и изъятия осей колесных пар из эксплуатации из-за полученных повреждений (ресурсосбережение).

Контроль прочности посадок с гарантированным натягом элементов колесных пар вагонов

Контроль прочности посадки с гарантированным натягом является очень важ- ным и непростым вопросом при ремонте. Так, если при механической запрессовке цельнокатанных колес на подступичные части вагонных осей, помимо косвенного метода контроля (определение величины натяга по замерам диаметров сопрягаемых поверхностей), дополнительно используется диаграмма «давление – путь», которая хранится после запрессовки в течении всего срока службы колесной пары, но не бо- лее 21 года, то при теплой посадке внутренних колец подшипников на шейки осей в соответствии с руководящим документом [12] используются только замеры сопря- гаемых поверхностей до сборки (также для величины натяга существует прибор ПС-219, однако в требованиях действующих инструкций он не упоминается).

Для контроля прочности разработан метод [13] и проведена его эксперименталь- ная апробация в условиях вагонного депо [14]. В результате проведенного контроля напрессовок получен массив данных, позволяющий установить зависимость для опре- деления натяга при новом формировании, заключающийся в дополнительном измере- нии наружного диаметра внутреннего кольца перед напрессовкой его на шейку оси. Разработанная конечно-элементная модель позволила верифицировать результаты.

Дальнейшая работа в этом направлении позволила разработать метод контроля с применением гидропрессовой технологи для контроля ранее сформированного соединения, в котором не выявлено браковочных признаков (рис. 5) [15].

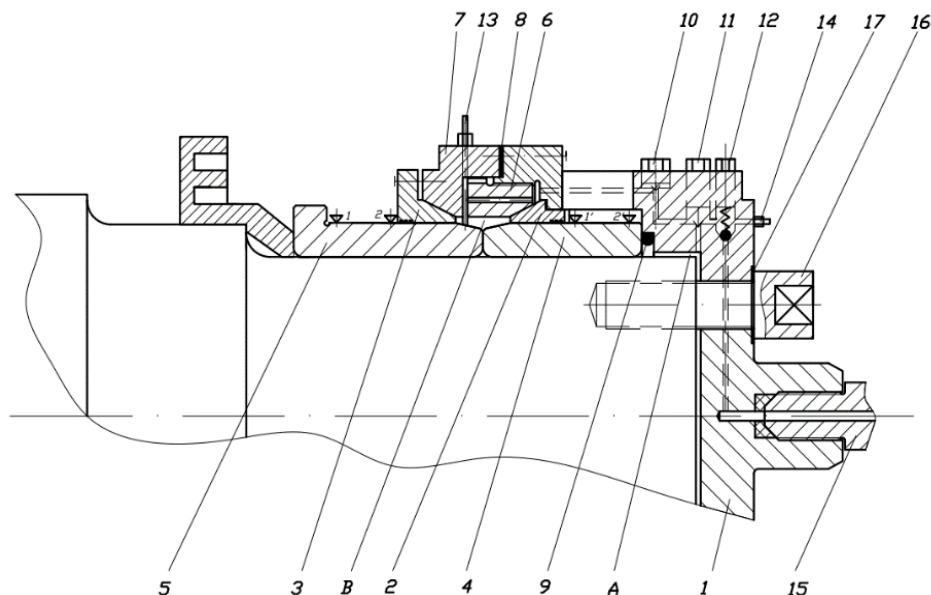


Рис. 5. Принципиальная схема устройства для контроля напрессовки колец буксовых подшипников:

- 1 – корпус; 2, 3 – кольцевые уплотнения; 4, 5 – передний и задний подшипники;
6 – нажимная гайка; 7 – крышка; 8 – уплотнительная прокладка; 9 – кольцевое уплотнение; 10, 11 – клапаны; 12 – обратный клапан; 13, 14 – штуцеры;
15 – ручной насос высокого давления; 16 – болты; 17 – уплотнительные прокладки

Методика оценки прочности сопряжения кольца подшипника с шейкой оси при использовании гидрораспора в зоне сопряжения предусматривает:

– определение относительных координат сечения $\varepsilon_0 = l_z / l_0$ жидкой смазкой (относительное проникновение рабочей жидкости вглубь сопряжения) в контролируемом соединении с полной длиной сопряжения l_0 деталей с натягом на удалении l_z от места ввода (с торца сопряжения) гидросреды и величины давления p_{mi} нагнетания рабочей жидкости (по манометру);

– расчет гидродинамического давления p_{mz} в зазоре в масляном расклинивающем слое на упомянутом удалении l_z с использованием данных проводимых замеров деформаций на поверхности напрессованной детали при воздействии на ее внутреннюю поверхность давления проникающей вглубь сопряжения рабочей жидкости.

Расчетная формула получена согласно решению Ляме–Гадолина из зависимости для определения перемещений на поверхности цилиндрической охватывающей детали соединения под воздействием внутреннего давления в толстостенном цилиндре при отношении $m_k = d_2 / d_1$ (путем замеров устанавливают среднюю величину Δd_2 увеличения наружного диаметра d_2 охватывающей детали при гидрораспоре в сопряжении диаметром d при помощи средств измерения, применяемых в депо и на заводах при изготовлении и ремонте колесных пар):

$$p_{mz} = \frac{\Delta d_2 (m_k^2 - 1) E}{2 d_2};$$

– определение создаваемого контактного давления p_k в контролируемом соединении при установленных величинах давления в масляном слое p_{mz} на удалении l_z от входа в сопряжение и давления p_{mi} нагнетания рабочей жидкости с торца напрессовки. Численные результаты находятся по установленной автором аналитической зависимости

$$p_k = \frac{1}{1 - \sqrt[4]{1 - \varepsilon_0}} \left[p_{mz} - p_{mi} \sqrt[4]{1 - \varepsilon_0} \right].$$

При гидрораспоре необходимо обеспечить на элементарной длине посадки dl в любом поперечном сечении сопряжения на расстоянии l_z от входного торца условие $p_z > q_k$, где $q_k = p_k + p_u$. Дополнительное давление гидросреды p_u , затрачиваемое на изменение радиуса R_2 внутренней поверхности охватывающей детали на величину u_2 , одновременно вызывает некоторое уменьшение радиуса p_u поверхности контакта охватываемой детали на величину u_1 . В зоне контакта образуется масляная прослойка толщиной $u_2 + u_1$. По мере удаления от входа масла в зону контакта сопряженных с натягом деталей их относительные деформации в соединении непрерывно уменьшаются. Для внутреннего кольца подшипника радиальное перемещение на поверхности радиусом $r = d/2$, где d – диаметр сопряжения, определяются по зависимости Ляме–Гадолина для толстостенных цилиндров. Соответственно, при известном изменении радиуса u наружной поверхности кольца подшипника величина контактного давления в сопряжении: $p_k = uE((d_2/d_1)^2 - 1)/d_2$, а в толстостенном

составном цилиндре на его наружной поверхности возникают под воздействием внутреннего давления растягивающие нормальные напряжения (замеряемые на поверхности тензометрической втулки усредненные напряжения $\sigma_{\text{пл}}$ от посадки), которые используются для оценки контактного давления в соединении.

В использовании для замеров упругих радиальных деформаций напрессованных на шейку колец подшипников при их напряженно-деформированном состоянии от воздействия давления подводимой в зону сопряжения гидросреды индикаторов часового типа (или других измерительных приборов) следует учитывать изменения этих деформаций в плоскостях различных поперечных сечений вдоль длины посадки кольца подшипника при раздельном контроле каждого из колец. Результаты проводимых при испытаниях замеров деформаций удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными [16] при торцовом нагнетании жидкой смазки в сопряжение.

На данном этапе происходит оптимизация конструкции устройства для получения наиболее рациональной компоновки для использования в условиях вагоноремонтных предприятий.

Применение метода [13] возможно и для дополнительного контроля напрессовки цельнокатаных колес на оси колесных пар [17] (рис. 6).

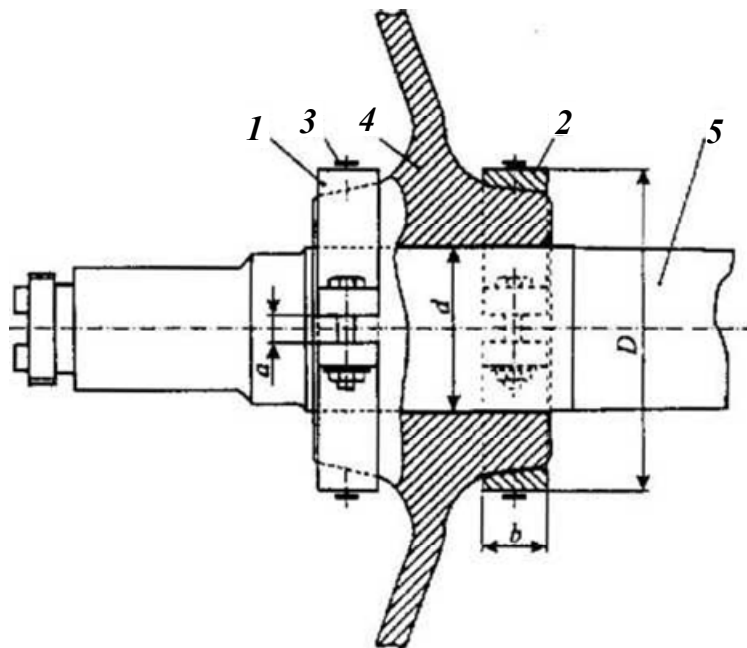


Рис. 6. Принципиальная схема устройства для контроля колеса на ось колесной пары:

1 – наружное клеммовое соединение с одноболтовой схемой затяжки; 2 – внутреннее клеммовое соединение с двухболтовой затяжкой; 3 – тензорезисторы, соединенные в мостовую схему; 4 – ступица колеса; 5 – ось колесной пары

Совершенствование конструкции колес железнодорожного подвижного состава

При разработке новой конструкции колеса составного типа решалась задача исключения возможности смещения бандажа относительно колесного центра в поперечном направлении (вдоль оси колесной пары), а также стопорного кольца как дополнительного конструктивного элемента, предусмотренного в конструкции [5]. Технический результат достигается за счет того, что предусматривается конструк-

тивное изменение узла сопряжения с гарантированным натягом колесного центра и бандажа при выполнении клиновидной формы поверхностей сопряжения. Дополнительные конструктивных элементов в узле не предусматривается. Указанная клиновидная форма сопряжения колесного центра и бандажа имеет размер a , который представляет собой высоту клина. Для возможности осуществления тепловой напрессовки размер a должен быть равным величине температурной деформации в радиальном направлении при нагреве бандажа колеса до температуры $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ с учетом требуемой величины натяга равной $1,10\text{--}1,45\text{ мм}$. На рис. 7 показан поперечный разрез предлагаемой конструкции колеса составного типа рельсового транспорта.

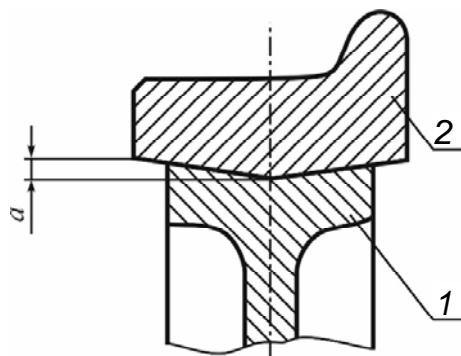


Рис. 7. Предлагаемая конструкция колеса:
1 – колесный центр; 2 – бандаж

Прочность узла сопряжения колеса составного типа достигается:

– в осевом направлении (вдоль оси колесной пары) за счет выполнения клиновидной формы сопрягаемых поверхностей, а также наличия натяга в соединении в результате реализации соединения тепловым методом;

– в окружном направлении за счет наличия натяга в соединении в результате реализации соединения тепловым методом. Дополнительные крепежных элементов для узла сопряжения колесного центра с бандажом не требуется. Предлагаемая конструкция колеса составного типа защищена патентом [18].

Для оценки прочности соединения с натягом новой конструкции составного колеса выполнено компьютерное моделирование методом конечных элементов в программном комплексе ANSYS. Комплекс проведенных численных расчетов при варьировании значениями коэффициента трения и натяга в соединении показал, что повышение прочности соединения с натягом бандажа и колесного центра при реализации предлагаемого технического решения может достигать 18% .

Заключение

Таким образом, предложены устройства, позволяющие улучшить существующую технологию ремонта колесных пар железнодорожного подвижного состава, а также снизить расходы при ее реализации.

Разработаны методы и устройства неразрушающего контроля тепловой посадки внутренних колец буксовых подшипников на шейки осей колесных пар вагонов с помощью гидрораспора, а для дополнительного контроля напрессовки цельнокатаного колеса на подступичную часть оси.

Приведено описание новой конструкции колеса составного типа для железнодорожного подвижного состава, позволяющей увеличить прочность в соединении колесного центра и бандажа до 18% .

Литература

1. Павлов, В. Вагоностроители себя не сдерживают / В. Павлов. – Режим доступа: <https://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1469889&archive=2019.07.11>. – Дата доступа: 25.02.2024.
2. Скорлыгина, Н. Подшипники докатились до правительства / Н. Скорлыгина. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/4097231>. – Дата доступа: 25.02.2024.
3. Потаева, К. В России нарастает дефицит подшипников для инновационных вагонов / К. Потаева. – Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2022/08/31/938372-narastaet-defitsit-podshipnikov>. – Дата доступа: 25.02.2024.
4. Рыжова, А. О. Акустические методы контроля прессовых соединений колец подшипников с шейками осей колесных пар : дис. ... канд. техн. наук : 02.02.08 / А. О. Рыжова. – Новосибирск, 2022. – 145 с.
5. Нотик, З. Х. Тепловозы ЧМЭЗ, ЧМЭЗТ, ЧМЭЗЭ. Пособие машинисту / З. Х. Нотик. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1996. – 444 с.
6. Колесная пара для локомотивов : пат. № 2551862 Рос. Федерации : МПК В60В 4/04, В60В 17/00 / Сливинский Е. В., Гусев А. В. – № 2014110439/11 ; заявл. 18.03.2014 ; опубл. 27.05.2015 / Федер. служба по интелект. собственности. – Бюл. № 2.
7. Соединение с натягом бандажа с колесным центром : пат. № 2504698 Рос. Федерации : МПК F16В 4/00 / Бородин А. В., Ярышева Л. В. – № 2012119535/12 ; заявл. 11.05.2012 ; опубл. 20.01.2014 / Федер. служба по интелект. собственности. – Бюл. № 15.
8. Соединение бандажа с колесным центром : пат. № 184604 Рос. Федерации : МПК В60В 17/00 / Рауба А. А., Дюндин В. В. – № 2018126406/10 ; заявл. 17.07.2018 ; опубл. 31.10.2018 / Федер. служба по интелект. собственности. – Бюл. № 31.
9. Устройство для распрессовки оси колесной пары вагона : пат. № 22509 Респ. Беларусь : МПК В23Р 19/02 / Чернин И. Л., Чернин Р. И., Сенько В. И., Сенько Н. Г. ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № а 20170296 ; заявл. 07.08.2017 ; опубл. 30.04.2019 // Афiц. бюл. / Нац. цэнтр iнтэлект. уласнасцi. – 2019. – № 2 (127). – С. 124.
10. Оси колесных пар железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия : ГОСТ 33200–2014. – Введ. 01.11.2015. – М. : Стандартинформ, 2015. – 41 с.
11. Устройство для распрессовки колец буксовых подшипников колесной пары : пат. № 13904 Респ. Беларусь : МПК В23Р 19/02 / Сенько В. И., Чернин И. Л., Чернин Р. И. ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № а 20080460 ; заявл. 10.04.2008 ; опубл. 30.12.2010 // Афiц. бюл. / Нац. цэнтр iнтэлект. уласнасцi. – 2010. – № 6 (77). – С. 81.
12. Руководящий документ по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар с буксовыми узлами грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524 мм). – М., 2012. – 276 с.
13. Способ неразрушающего контроля прочности напрессовки колец подшипников на шейке оси колесной пары : пат. № 2329478 Рос. Федерации : МПК G01L 1/22 / Сенько В. И., Чернин И. Л., Чернин Р. И., Сенько Н. Г. ; заявитель Белорус. гос. ун-т. трансп. – № 2006134798/28 ; заявл. 02.10.2006 ; опубл. 20.07.2008 / Федер. служба по интелект. собственности. – Бюл. № 20.

14. О контроле прочности соединений с гарантированным натягом колец подшипников с шейками осей колесных пар // И. Л. Чернин [и др.] / Вестн. Белорус. гос. ун-та трансп. Наука и транспорт. – 2010. – № 1 (20). – С. 5–9.
15. Устройство для неразрушающего контроля прочности напрессовки колец подшипников на шейке оси колесной пары : пат. № 15308 Респ. Беларусь : МПК G01L 1/22, B23P 11/02 / Сенько В. И., Чернин И. Л., Чернин Р. И. ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № а 20090634 ; заявл. 04.05.2009 ; опубл. 30.12.2012 // Афіц. бюл. / Нац. цэнтр інтэлект. уласнасці. – 2012. – № 1 (84). – С. 145–146.
16. Генич, Б. А. Гидравлический способ демонтажа подшипников качения / Б. А. Генич, Б. З. Акбашев. – М. : ВНИИЖТ, 1960. – 20 с.
17. Устройство для контроля прочности механической напрессовки колеса на ось колесной пары : пат. № 2431 Респ. Беларусь : МПК B23P 11/02, G01L 1/22 // Сенько В. И., Чернин И. Л., Чернин Р. И., Гориченко С. Ф. ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № и 20050254 ; заявл. 02.05.2005 ; опубл. 28.02.2006 // Афіц. бюл. / Нац. цэнтр інтэлект. уласнасці. – 2006. – № 1 (48). – С. 172–173.
18. Колесо составного типа рельсового транспорта : пат. № 12203 Респ. Беларусь : МПК B61F 13/00, B60B 3/04 / Брильков Г. Е., Путято А. В., Демидович В. Н. ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № и 20190125 ; заявл. 10.05.2019 ; опубл. 30.12.2019 // Афіц. бюл. / Нац. цэнтр інтэлект. уласнасці. – 2019. – № 6 (131). – С. 121–122.

References

1. Pavlov V. *Car builders do not restrain themselves*. Available at: <https://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1469889&archive=2019.07.11> (accessed 25 February 2024) (in Russian).
2. Skorlygina N. *The bearings have reached the government*. Available at: <https://www.kommer-sant.ru/doc/4097231> (accessed 25 February 2024) (in Russian).
3. Potaeva K. *There is a growing shortage of bearings for innovative railcars in Russia*. Available at: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2022/08/31/938372-narastaet-defitsit-podshipni-kov> (accessed 25 February 2024) (in Russian).
4. Ryzhova A. O. *Acoustic methods for monitoring the press connections of bearing rings with the axle necks of wheelsets*. Diss. kand. tekhn. nauk. Novosibirsk, 2022. 145 p. (in Russian).
5. Notik Z. Kh. *Diesel locomotives ЧММЕНЗ, ЧММЕНЗТ, ЧММЕНЗЕН*. Moscow, Transport Publ., 1996. 444 p. (in Russian).
6. Slivinskii E. V., Gusev A. V. A promising wheelset for locomotives. Patent Rossiiskaya Federatsiya, no. 22551862, 2015 (in Russian).
7. Borodin A. V., Yarysheva L. V. Connection with the tension of the bandage with the wheel center. Patent Rossiiskaya Federatsiya, no. 2504698, 2014 (in Russian).
8. Rauba A. A., Dyundin V. V. Connecting the brace to the wheel center/ Patent Rossiiskaya Federatsiya, no. 184604, 2018 (in Russian).
9. Chernin I. L., Chernin R. I., Sen'ko V. I., Sen'ko N. G. A device for pressing rings of axle box bearings of a wheelset. Patent Respublika Belarus', no. 22509, 2019 (in Russian).
10. GOST 33200–2014. Axles of wheelsets of railway rolling stock. General technical conditions. Moscow, Standartinform Publ., 2015. 47 p. (in Russian).

11. Sen'ko V. I., Chernin I. L., Chernin R. I. A device for pressing rings of axle box bearings of a wheelset. Patent Respublika Belarus', no. 13904, 2010 (in Russian).
12. Rukovodyashchii dokument po remontu i tekhnicheskomu obsluzhivaniyu kolesnykh par s buksovymi uzlami gruzovykh vagonov magistral'nykh zheleznykh dorog kolei 1520 (1524 mm). Moscow, 2012. 276 p. (in Russian).
13. Sen'ko V. I., Chernin I. L., Chernin R. I., Sen'ko N. G. A method for non-destructive testing of the strength of pressing bearing rings on the neck of the axle of a wheelset. Patent Rossiiskaya Federatsiya, no. 2329478, 2008 (in Russian).
14. Chernin I. L., Chernin R. I., Sen'ko N. G., Rudenok V. A. On the control of the strength of joints with guaranteed tension of bearing rings with axle necks of wheel pairs. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta transporta. Nauka i transport*, 2010, no. 1 (20), pp. 5–9 (in Russian).
15. Sen'ko V. I., Chernin I. L., Chernin R. I. A device for non-destructive testing of the strength of the pressing of bearing rings on the neck of the axle of a wheelset. Patent Respublika Belarus', no. 15308, 2012 (in Russian).
16. Genich B. A., Akbashev B. Z. *Hydraulic method of dismantling rolling bearings*. Moscow, VNIIZHT Publ., 1960. 20 p. (in Russian).
17. Sen'ko V. I., Chernin I. L., Chernin R. I., Gorichenko S. F. A device for monitoring the strength of the mechanical pressing of a wheel on the axle of a wheelset. Patent Respublika Belarus', no. 2431, 2006 (in Russian).
18. Bril'kov G. E., Putyato A. V., Demidovich V. N. A composite type of rail transport wheel. Patent Respublika Belarus', no. 12203, 2019 (in Russian).

Поступила 26.02.2024 г.