

УДК 629.4.027

Р. И. ЧЕРНИН, магистр технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

КОНТРОЛЬ ПРОЧНОСТИ ПОСАДКИ КОЛЕЦ РОЛИКОВЫХ ПОДШИПНИКОВ НА ШЕЙКАХ ОСЕЙ КОЛЁСНЫХ ПАР

Для совершенствования выходного контроля прочности напряжённых соединений при осуществлении механосборочных процессов изготовления и ремонта колёсных пар с роликовыми буксовыми узлами парка грузовых и пассажирских вагонов предлагаются новые способы контроля прочности соединений с натягом внутренних колец разборных подшипников с шейками осей. Соответствие предложенных технических решений условиям новизны и промышленной применимости подтверждаются патентами на изобретения. Описаны новые устройства для бездефектной разборки соединений с использованием расширения охватываемой детали от высокого давления масла, нагнетаемого в зону контакта поверхностей колец подшипников и шеек осей.

Случаи повреждения буксовых узлов вагонов в эксплуатации представляют реальную угрозу безопасности движения. Анализ отказов в работе подвижного состава на железных дорогах стран СНГ и Балтии показывает, что ежегодно в текущий ремонт отцепляется порядка 65 тысяч грузовых вагонов по неисправностям буксовых узлов колёсных пар, при этом каждый второй из них – по техническому состоянию конструктивных элементов и прочности напрессовки внутренних колец подшипников на шейки осей. Из-за недостаточной надёжности используемых роликовых буксовых узлов колёсных пар грузовых и пассажирских вагонов особого внимания требуют вопросы создания новых более совершенных средств технической диагностики, а также их эффективного использования как при изготовлении, так и при ремонте вагонов. Необходимо принимать все меры по организации эффективного выходного неразрушающего контроля при сборке буксовых узлов за техническим состоянием элементов подшипников и прочностью напрессовки колец последних на шейки осей, так как данный узел роликовых колёсных пар существующего парка грузовых вагонов напрямую связан с безопасностью движения. Вопросы изыскания и научно-технического обоснования осуществления процессов эффективного неразрушающего контроля для технической диагностики существующих колёсных пар железнодорожного подвижного состава остаются актуальными.

Контроль сборки соединений с гарантированным натягом (по прочности сопряжения колец буксовых подшипников с шейками осей) является составной частью технологического процесса содержания колёсных пар вагонов, представляет важную техническую задачу. Неточности в определении величины натяга (контактного давления) в напрессовках колёсных пар сказываются на величинах аксиального относительного сдвига и крутящих моментов на проворачивание напрессовок. Проведенное патентно-информационное исследование по оценке прочности продольно- и поперечно-прессовых соединений показало целесообразность осуществления выходного активного контроля прочности посадки кольца подшипника на шейке оси с использованием расчётно-экспериментального метода определения фактического контактного давления в сопряжении по данным тензометрии при определении

нормальных окружных растягивающих напряжений (деформаций) на наружной поверхности внутреннего кольца роликового подшипника.

Оценка прочности напрессовки [1–4] на шейках осей колец буксовых разборных роликовых подшипников по напряжённо-деформированному состоянию (НДС) охватываемой детали соединения является качественно новым этапом на мировом уровне в развитии средств контроля прочности сопряжения деталей с гарантированным натягом буксовых узлов колёсных пар грузовых и пассажирских вагонов. В данном случае контроль прочности напрессовки деталей типа «вал-втулка» нового формирования будет осуществляться дважды: перед сборкой сопряжения путём замеров величин диаметров посадочных поверхностей цилиндрических деталей (косвенный контроль) и прямой контроль после сборки соединения по величине измеренных величин напряжений (или радиальных деформаций) на наружной поверхности кольца подшипника от полученного действительного натяга в сформированном соединении с учётом макро- и микрогеометрии сопряжённых с натягом деталей.

В указанном направлении на кафедре «Вагоны и вагонное хозяйство» и в ОНИЛ «ТТОРЕПС» БелГУТа проводятся работы по созданию технологической оснастки диагностического комплекса для осуществления неразрушающего контроля (НК) роликовых колёсных пар РУ-1 и РУ-1Ш при оценке прочности сопряжения внутренних колец буксовых подшипников с шейками осей. Новизна и востребованность выполненных разработок по конструкции и принципу действия устройств подтверждается патентами Республики Беларусь и Российской Федерации (на изобретения – 12 патентов, в т. ч. на два способа осуществления контроля, и на полезные модели – 3). Применение метода оценки прочности сопряжения деталей соединений с натягом по уровню НДС напрессованного на шейку оси кольца подшипника позволяет повысить эффективность и качество неразрушающего выходного контроля, сократить брак при новом формировании и ремонте роликовых колёсных пар существующего железнодорожного подвижного состава, повысить уровень безопасности движения.

При оценке прочности напрессовки замеры величин растягивающих нормальных напряжений (радиальных

деформаций) на наружной поверхности кольца напрессованного подшипника или чувствительного элемента измерительного (контрольного) устройства. По разработанной методике расчётным путём по известным зависимостям из теории упругости (с помощью ЭВМ или номограмм) могут быть достаточно точно установлены величины контактного давления в контролируемом сопряжении и фактического натяга соединения деталей с учётом макро- и микрогеометрии (овальности, конусности, шероховатости) их поверхностей контакта. Создана модель сопряжения с натягом деталей типа «вал-втулка» с использованием метода конечных элементов (МКЭ), выполнены расчёты для различных сочетаний величин натягов и дефектов формы контактирующих поверхностей конструктивных элементов в соединениях. Осуществлена экспериментальная проверка для подтверждения полученных при моделировании результатов расчётов, проведены экспериментальные запрессовки и замеры в ОНИЛ БелГУТа и на производстве в колёсно-роликовом участке вагонного депо (ВЧД Гомель) с использованием тензометрического комплекса НВМ Plus. Выполненные разработки позволяют установить величину фактического натяга в сопряжении по замеренным величинам напряжений на наружной поверхности напрессованного на шейку оси кольца подшипника, дают возможность получения записи на сохраняемом носителе информации электронного регистрирующего прибора для выходного контроля сформированных соединений.

В результате проведенных испытаний на натуральных образцах колёсных пар обследовано более 200 напрессовок колец подшипников на шейки осей и собрана статистика. Вследствие неблагоприятного (вероятностного) сочетания в полученных сопряжениях отклонений от цилиндрической формы поверхностей деталей фактические натяги существенно отличаются от замеренных по общепринятому способу перед сборкой соединений. Обработка статистических данных, при определении величин фактических натягов предложенным способом [1], позволила установить величину постоянного коэффициента ($m_k = 1,215$), входящего в найденную аналитическую зависимость $\delta = m_k \Delta D_2$, где D_2 – наружный диаметр внутреннего кольца подшипника; ΔD_2 – приращение величины наружного диаметра кольца подшипника после напрессовки его на шейку оси ($m_k = D_2/d_1$); d_1 – диаметр шейки оси колёсной пары. В данном случае контроль прочности напрессовки по величине полученного фактического натяга осуществляется путём внесения в существующую технологию по замерам посадочных поверхностей деталей формируемых соединений одного дополнительного измерения величины D_2 кольца подшипника до напрессовки его на шейку оси (после напрессовки контроль указанного размера должен производиться по существующей технологии для осуществления контроля радиального зазора в подшипнике). Для этого может быть использована применяемая измерительная скоба модели 4150 M-D, предназначенная для измерения диаметров цилиндрических деталей в диапазоне 85–200 мм, оснащённая портативным электронным блоком с автоматическим питанием. Настройка скобы производится по стержневой установочной мере на диаметр 158 мм. Результаты измерения в виде отклонения величины диаметра от номинального значе-

ния отражаются в цифровой форме на дисплее портативного электронного блока. Предельная погрешность скобы, мм, не более $0,002 + 0,5\%$ от величины диапазона измерения, габаритные размеры 160×40×265 мм.

Дальнейшим этапом в решении вопроса совершенствования оценки прочности напрессовок является осуществление разработанного нового способа контроля [2, 3] существующих посадок колец роликовых подшипников (при полной ревизии буксовых узлов колёсных пар) с использованием торцевой подачи масла (РЖ) под высоким давлением (30–50 МПа) в зону контакта поверхностей сопряжённых с натягом цилиндрических деталей. Разработано простое устройство для неразрушающего контроля прочности напрессовки колец подшипников на шейке оси колёсной пары [4]. Выполнено теоретическое обоснование физических процессов, наблюдаемых при использовании предложенных новых диагностических средств по оценке прочности соединений с гарантированным натягом типа «вал-втулка». Проведены теоретические исследования процесса регулируемого гидрораспора в зоне контакта от высокого давления РЖ между поверхностями сопряжённых с натягом деталей напряжённых соединений. Основной задачей этой части проведенной научно-исследовательской работы является получение аналитических зависимостей по определению параметров процесса гидропрессовой технологии с торцевой подачей масла (ГПТТ), пригодных для практического применения при технической диагностике по предложенному способу контроля и бездефектной распрессовке соединений внутренних колец буксовых подшипников с шейками осей колёсных пар вагонов.

Вторым направлением решения задачи повышения эффективности контроля прочности получаемых напрессовок является осуществление оценки прочности по допустимой (согласно требованиям ТНПА) величине усилия аксиального относительного сдвига охватывающей детали соединения. Запатентовано устройство для контроля прочности и распрессовки колец подшипников колёсных пар [5] с использованием измерительного элемента в виде цилиндрической втулки с установленными на её наружной поверхности и соединёнными в измерительный мост тензорезисторами. Если при опробовании на аксиальный сдвиг отмечается (по индикатору часового типа с ценой деления 0,001–0,002 мм) смещение внутреннего кольца подшипника относительно шейки оси, то соединение подлежит распрессовке. Эффективность предложенного устройства заключается в реализации более достоверного контроля прочности на сдвиг колец роликовых подшипников буксовых узлов колёсных пар вагонов по сравнению с известными устройствами, применяемыми при технической диагностике напрессовок (вибраакустический и ультразвуковой контроль, проверка на проворачивание кольца на шейке оси), в обеспечении возможности механической распрессовки проверяемых посадок, не обладающих установленной нормативной прочностью, в снижении энергозатрат (исключение необходимости применения энергоёмких устройств индукционного нагрева деталей для демонтажа напрессовок буксовых узлов существующих роликовых колёсных пар вагонов).

С целью расширения функциональных возможностей устройства, использования маслосъёма напрессованных на шейку оси колец подшипников, упрощения конструкции, повышения удобства и надёжности его в работе предложено новое техническое решение (подана заявка на изобре-

ние). Поставленная задача решается за счёт того, что устройство для контроля прочности на сдвиг и распрессовки колец подшипников имеет измерительный блок в виде чувствительного элемента с соединёнными в измерительный мост тензорезисторами (месдозу), предназначенный для фиксации величины аксиальной сдвигающей силы, а также содержит гидросистему с рабочей жидкостью под давлением в виде рабочего гидроцилиндра, закрепляемого соосно с шейкой оси колёсной пары при помощи своего поршня в виде стакана со сплошной донной частью, снабжённого кольцевыми уплотнениями по наружной своей поверхности и с резьбовой частью на внутренней поверхности открытого конца для создания контрольной нагрузки с целью демонтажа соединений с гарантированным натягом колец подшипников с шейкой оси при механической их распрессовке и для осуществления маслосъёма напрессованных колец с шеек оси с использованием гидрораспора от высокого давления масла в зоне контакта поверхностей последних. Имеются элементы неподвижного соосного скрепления измерительного блока и рабочего гидроцилиндра с контролируруемыми кольцами подшипников. Втулка измерительного элемента (месдоза) выполнена с одной плоской торцевой поверхностью, контактирующей с днищем стаканообразного корпуса рабочего цилиндра гидросистемы, и со второй сферической торцевой поверхностью, контактирующей со сферической торцевой поверхностью одного из двух дополнительных расходящихся поршней этого цилиндра. Второй из расходящихся поршней контактирует с глухим торцом основного поршня в виде резьбового стакана, снабженного штоком, проходящим через центральное отверстие в днище корпуса рабочего гидроцилиндра, при этом упомянутые расходящиеся поршни и измерительная цилиндрическая втулка установлены концентрично относительно штока основного поршня, а открытый торец последнего своей резьбовой частью соосно соединяется с резьбовой частью шейки оси колёсной пары. Корпус рабочего гидроцилиндра снабжён радиальными зажимами для его скрепления с кольцами переднего и заднего подшипников, напрессованных на шейку оси колёсной пары, а также конусной уплотнительной втулкой для герметизации зоны контакта торцевых поверхностей двух смежных напрессованных на шейку оси колец подшипников. При необходимости демонтажа контролируемых соединений, не отвечающих требованиям ТНПА, производят или механическую распрессовку, или гидропрессовую разборку соединений с одной установки устройства на шейку оси колёсной пары.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема разработанного устройства для контроля прочности на сдвиг и распрессовки колец подшипников (продольный разрез).

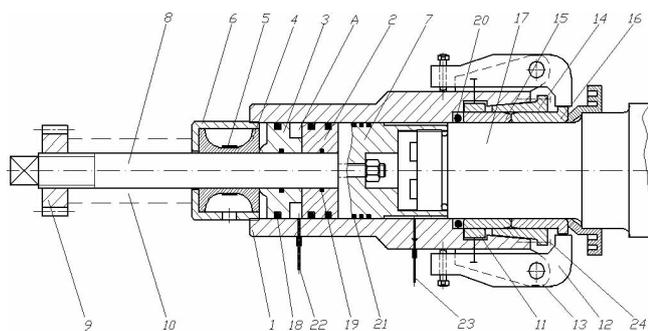


Рисунок 1 – Устройство для контроля прочности на сдвиг и распрессовки колец подшипников колёсных пар

Устройство состоит из трех основных частей: а) силового гидроцилиндра 1 с расходящимися дополнительными поршнями 2 и 3; б) измерительного блока, включающего месдозу 4 в виде цилиндрической втулки с тензорезисторами 5 и опорный стакан 6; в) крепёжных элементов: основного поршня 7 в виде резьбового стакана, направляющего штока 8 с гайкой 9, съёмной нажимной втулки 10, радиальных зажимов 11 и 12, опорных стоек 13 и конусной уплотнительной втулки 14, устанавливаемой концентрично относительно колец 15, 16 подшипников, напрессованных на шейку оси 17 колёсной пары. Для герметизации внутренних полостей (А и Б) рабочего гидроцилиндра используются кольцевые уплотнения 18, 19, торцовое уплотнение 20 и лабиринтное уплотнение 21. Штуцеры 22 и 23 предназначены для подвода масла под давлением, болты 24 служат для закрепления уплотнительной втулки 14. Описанная конструкция позволяет осуществлять с одной установки устройство на шейку оси колёсной пары:

- выходной контроль прочности сформированного соединения с гарантированным натягом каждого из двух колец с шейкой оси;
- механическую распрессовку с шейки оси последовательно колец переднего и заднего подшипников или одновременно двух колец указанных подшипников;
- маслосъём двух напрессованных колец подшипников с шейки оси в условиях гидрораспора в зоне контакта их поверхностей.

Устройство подготавливается к работе следующим образом. Втулку 14 устанавливают на кольца 15 и 16, наворачивают основной поршень 7, вращая шток 8, на резьбовую часть шейки оси 17 и надвигают корпус рабочего гидроцилиндра 1 на втулку 14, после чего возможно осуществлять указанные выше процессы. Для выполнения контроля прочности напрессовки кольца 15 переднего подшипника закрепляют зажимы 11 на поверхности этого кольца и подают рабочую жидкость (РЖ) под давлением в полость А через штуцер 22, передавая аксиальную нагрузку через поршень 3 на месдозу 4, и контролируют величину сдвигающего усилия по регистрирующему прибору измерительного тензометрического моста (на чертеже условно не показан). Если при достижении нормированной испытательной нагрузки (согласно ТНПА) не наблюдается относительного сдвига корпуса 1 по показаниям индикатора часового типа, закреплённого на стойке 13 (условно не показан на чертеже), то прочность сопряжения на сдвиг кольца 15, напрессованного на шейку оси 17, отвечает установленным требованиям. Для проверки прочности напрессовки на шейку оси 17 кольца 16 заднего подшипника дополнительно закрепляют зажим 12 на поверхности его буртика и повышают давление РЖ в полости А до величины, соответствующей удвоенной испытательной нагрузке на соединения с гарантированным натягом двух колец с шейкой оси, согласно требованиям ТНПА (при испытании относительный сдвиг корпуса гидроцилиндра 1 не допускается, в противном случае подлежат распрессовке оба кольца). Механическая распрессовка одновременно двух колец 15, 16 производится в описанном положении при нагнетании РЖ в полость А до полного продольного перемещения указанных колец с поверхности шейки оси 17 на наружную поверхность основного поршня 7 с меньшим наружным диаметром. При необходимости распрессовки только одного кольца 15 освобождают зажимы 12 крепления кольца 16, создают

давление РЖ в полости А, сдвигая кольцо подшипника на поверхность основного поршня 7. Если необходимо выполнять только контроль прочности и механическую распрессовку соединений, можно использовать упрощённый основной поршень 7 без кольцевых уплотнений и не применять торцовое уплотнение 20, нажимную втулку 10 и гайку 9. Для осуществления маслосъёма (гидрораспрессовки) колец 15, 16 прижимают торец гидроцилиндра 1, снабжённый уплотнением 20, к торцу кольца 15 при помощи гайки 9 и съёмной нажимной втулки 10 при освобождённых зажимах 11 и 12, зажимают болтами 24 уплотнительную конусную втулку 14, а затем закрепляют зажимы 11, 12. Снимают втулку 10 и создают высокое давление РЖ (превышающее контактное сжатие) в зоне сопряжения контактирующих поверхностей снимаемых колец 15, 16 с шейкой оси 17 при подаче рабочей жидкости через штуцер 23. После достижения требуемой величины давления в полости В (контролируется по манометру, на чертеже условно не показан) нагнетают РЖ через штуцер 22 в полость А и перемещают корпус гидроцилиндра 1 вместе с кольцами 15, 16 с шейки оси 17 (по масляной прослойке) на основную поршень 7, а затем удаляют РЖ из полостей А, В и снимают устройство вместе с распрессованными с поверхности шейки кольцами 15, 16 с оси колёсной пары, вращая шток 8. Освобождают зажимы 11, 12 и болты 24, извлекают снятые кольца 15, 16 и втулку 14. Устройство готово к новой установке на другую шейку оси 17 колёсной пары.

Для осуществления бездефектной разборки соединений колец подшипников с шейками осей разработаны устройства [6, 7] для распрессовки с торцовым нагнетанием рабочей жидкости (масла) в зону контакта поверхностей деталей с целью исключения механических повреждений в виде среза микронеровностей поверхностей, рисок, задиров, возможных при сдвиге кольца подшипника (что имеет место в практике при механической распрессовке-запрессовке кассетных подшипников колёсных пар новых вагонов). Для гидрораспрессовки буксовых колец подшипников с торцовым нагнетанием рабочей жидкости в зону их контакта с шейками осей с целью обеспечения надёжности и удобства в работе, повышения производительности процесса разборки соединений с гарантированным натягом предложено (заявка на изобретение) новое устройство для распрессовки соединений содержится основной корпус гидроцилиндра высокого давления, снабжённый тонкостенной конусной втулкой кольцевого уплотнения с открытого торца этого корпуса, имеющего на своей внутренней поверхности резьбовую часть для соединения с цилиндрической ступенчатой втулкой, выполненной с элементами закрепления на кольце снимаемого подшипника, и конусную часть, взаимодействующую с наружной поверхностью упомянутой выше втулки уплотнения высокого давления. Внутренняя поверхность этой втулки взаимодействует с кольцом демонтируемого подшипника. В механической части устройства предусмотрен силовой стаканообраз-

ный поршень, коаксиально размещённый во внутренней изолированной полости поршень-штока основного гидроцилиндра.

Список литературы

- 1 Пат. 7377 Респ. Беларусь, МПК⁷ В 23Р 11/02, G 01L 1/22. Способ контроля исходной прочности тепловой напрессовки кольца подшипника на шейке оси колёсной пары и устройство для его осуществления / Чернин И. Л., Сенько В. И., Сенько Л. В.; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № а20010261 ; заявл. 20.03.2001; опубл. 30.09.2005 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2005. – № 4. – С. 158–159.
- 2 Пат. 2329478 Российская Федерация, МПК⁸ G 01L 1/22. Способ неразрушающего контроля прочности напрессовки колец подшипников на шейке оси колёсной пары и устройство для его осуществления / Сенько В. И., Чернин И. Л., Чернин Р. И., Сенько Н. Г.; заявитель и патентообладатель Белорус. гос. ун-т трансп. – № а2006134798/28; заявл. 02.10.2006 ; опубл. 20.07.2008 // Бюл. № 20.
- 3 Пат. 13116 Респ. Беларусь, МПК⁷ В 23 Р 11/02, G 01 L 1/20. Способ неразрушающего контроля прочности напрессовки колец подшипников на шейку оси колёсной пары и устройство для его осуществления / Сенько В. И., Чернин И. Л., Чернин Р. И., Сенько Н. Г.; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № а20060353 ; заявл. 17.04.2006; опубл. 30.04.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 2 (73). – С. 70–71.
- 4 Пат. 2415391 Российская Федерация, МПК⁸ G 01L 1/22. Устройство для неразрушающего контроля прочности напрессовки колец подшипников на шейке оси колёсной пары / Сенько В. И., Чернин И. Л., Чернин Р. И.; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № а2009134209/28 ; заявл. 11.09.2009; опубл. 27.03.2011 // Офиц. бюл. фед. службы по интеллект. собственности, патенты и товарные знаки. – 2011. – № 9.
- 5 Пат. 7009 Респ. Беларусь, МПК⁷ В 23 Р 11/02, В 23Р 19/02, G 01L 1/22. Устройство для контроля прочности на сдвиг и распрессовки колец подшипников колёсных пар / Чернин И. Л., Чернин Р. И., Руденок В. А., Костюков Д. И.; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № а20100634 ; заявл. 14.07.2010; опубл. 28.02.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 1 (78). – С. 178–179.
- 6 Пат. 2429959 Российская Федерация, МПК⁸ B23P 19/02, B23P 11/02, B61K 5/00, B60V 29/00. Устройство для гидрораспрессовки и гидронапрессовки переднего и заднего колец подшипников с шейкой оси колёсной пары / Сенько В. И., Чернин И. Л., Чернин Р. И.; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № а2009134210/02; заявл. 11.09.2009; опубл. 20.03.2011 // Офиц. бюл. фед. службы по интеллект. собственности, патенты и товарные знаки. – 2011. – № 8.
- 7 Пат. 13904 Респ. Беларусь, МПК⁷ В 23 Р 19/02. Устройство для распрессовки колец буксовых подшипников колёсной пары / Сенько В. И., Чернин И. Л., Чернин Р. И.; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № а20080460 ; заявл. 10.04.2008; опубл. 30.12.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 6 (77). – С. 81.

Получено 06.12.2011

R. I. Chernin. The control of durability of planting of rings of roller bearings on necks of axes of wheel pairs.

For perfection of the target control of durability of intense connections at realisation of machine-assembling processes of manufacturing and repair of wheel pairs with roller axle boxes in knots of park cargo and carriages new ways of the control of durability of connections with a tightness of internal rings of folding bearings with necks of axes are offered. Conformity of the offered technical decisions to conditions of novelty and industrial applicability prove to be true patents for inventions. New devices for faultless dismantling of connections with use of expansion of a covering detail from a high pressure of the oil forced in a zone of contact of surfaces of rings of bearings and necks of axes are described.