

С.Г. Истомина, А.В. Шибков, О.Д. Юрасов

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

## РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОГО ПРИБОРА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ БАНДАЖЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

**Аннотация.** В статье поднята проблема повышения эффективности проведения неразрушающего контроля поверхности катания бандажей и ободьев колесных пар моторвагонного подвижного состава (МВПС) ультразвуковым методом для выявления развивающихся дефектов скрытого характера после проведенной обточки. Проблема рассмотрена на примере моторвагонного депо ТЧ-31 Омск. Проанализирован парк электропоездов ОАО «Омск-пригород» и ТЧ-31 Омск. Рассмотрены причины обточек и замены бандажей колесных пар моторных вагонов и цельнокатанных колесных пар прицепных вагонов за последние 7 лет. Установлено, что обточка бандажей колесных пар без выкатки колесных пар электропоездов в условиях депо ТЧ-31 Омск производят на универсальном токарном станке типа А41.01, а неразрушающий контроль бандажей и ободьев колесных пар МВПС производится ультразвуковыми дефектоскопами УД2 – 102 и УД2 – 70 вручную в соответствии с инструкцией и разработанной в соответствии с ней технологической картой. Данный метод трудоёмкий, возможно появление погрешности измерения, так как в процессе проведения диагностирования важную роль играет субъективный человеческий фактор. Предложен вариант создания роботизированного прибора неразрушающего контроля бандажей колесных пар моторвагонного подвижного состава, который позволит автоматизировать процесс неразрушающего контроля поверхности катания бандажей и ободьев колесных пар после проведения их обточки на колесно-токарном станке, что повысит качество ремонта МВПС, уменьшит продолжительность и трудоемкость работ по проведению диагностирования.

**Ключевые слова.** Моторвагонный подвижной состав, неразрушающий контроль, бандажи, ультразвуковой контроль, обточка бандажей колесных пар, роботизированный прибор

Stanislav G. Istomin, Arkady V. Shibkov, Oleg D. Yurasov

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation.

## DEVELOPMENT OF A NON-DESTRUCTIVE ROBOTIC DEVICE CONTROL OF TIRES OF WHEEL PAIRS OF TRACTIONAL ROLLING STOCK

**Abstract.** The article raises the problem of increasing the efficiency of non-destructive testing of the rolling surface of tires and rims of wheel pairs of multiple unit rolling stock (MMU) using the ultrasonic method to identify developing hidden defects after turning. The problem is considered using the example of the TCh-31 Omsk multiple unit depot. The fleet of electric trains of OJSC "Omsk-suburban" and TCh-31 Omsk was analyzed. The reasons for turning and replacing tires of wheel pairs of motor cars and solid-rolled wheel sets of trailer cars over the past 7 years are considered. It has been established that turning of tires of wheel sets without rolling out wheel sets of electric trains in the conditions of the TCh-31 Omsk depot is carried out on a universal lathe of type A41.01, and non-destructive testing of tires and rims of wheel sets of MVPS is carried out by ultrasonic flaw detectors UD2 - 102 and UD2 - 70 manually in accordance with the instructions and the technological map developed in accordance with it. This method is labor-intensive, and measurement errors may occur, since the human factor plays an important role in the diagnostic process. An option has been proposed for creating a robotic device for non-destructive testing of tires of wheel pairs of multi-unit rolling stock, which will automate the procedure for non-destructive testing of the rolling surface of tires and rims of wheel sets after turning on a wheel lathe, which will improve the quality of repair of multi-unit rolling stock, reduce the duration and labor intensity of work for diagnostics.

**Keywords:** Motorized rolling stock, non-destructive testing, tires, ultrasonic testing, turning of wheel pair tires.

### Введение

В настоящее время при выполнении плановых видов технического обслуживания и текущего ремонта моторвагонного подвижного состава (МВПС), в ходе инструментального контроля геометрических параметров колесных пар на соответствие техническим требованиям, возникает необходимость приведения их параметров к нормативам, путем обточки бандажей и ободьев колесных пар на колесно-токарных станках. Распоряжением ОАО «РЖД» от 22.12.2016 г. № 2631р «Об утверждении инструкции по осмотру, освидетельствованию, ре-

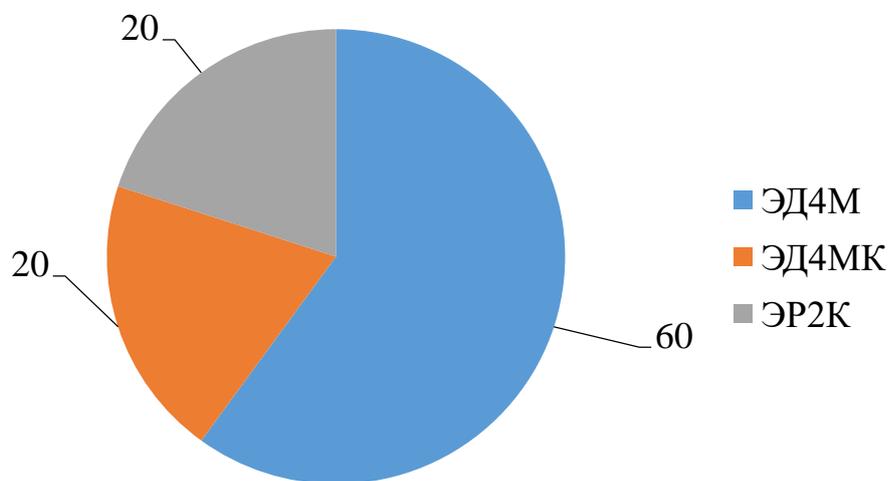
монтажу и формированию колесных пар локомотивов и моторвагонного подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм» установлено требование к обязательному проведению неразрушающего контроля поверхности катания бандажей и ободьев колесных пар ультразвуковым методом для выявления развивающихся дефектов скрытого характера после проведенной обточки [1].

Рассмотрим текущую ситуацию по выполнению обозначенных выше технологических операций на примере моторвагонного депо ТЧ-31 Омск совместно АО «Омск-пригород».

#### **Объект и методы исследования**

В настоящее время маршрутная сеть, обслуживаемая АО «Омск-пригород», составляет четыре направления – Исилькульское, Называевское, Татарское, Иртышское, 96 остановочных пунктов, расположенных в десяти муниципальных районах Омской области. Для перевозки пассажиров в пригородном сообщении компания использует парк электропоездов в количестве 5 составов из 39 вагонов [2].

Доля эксплуатируемых электропоездов АО «Омск-пригород» приведена на диаграмме (рис. 1), из которой видно, что из всего эксплуатируемого парка составляет 60% ЭД4М, 20% ЭД4МК и 20% ЭР2К.



**Рис. 1.** Доля эксплуатируемых электропоездов АО «Омск-пригород»

Для перевозки пассажиров в пригородном сообщении моторвагонное депо ТЧ – 31 Омск использует парк электропоездов в количестве 15 составов из 78 вагонов.

Доля эксплуатируемых электропоездов ТЧ – 31 Омск приведена на диаграмме (рис. 2), из которой видно, что из всего эксплуатируемого парка составляет 40% ЭД4М, 20% ЭР2К, 20% ЭД2Т, 13,3% ЭД4МК, 6,7% ЭП2Д.

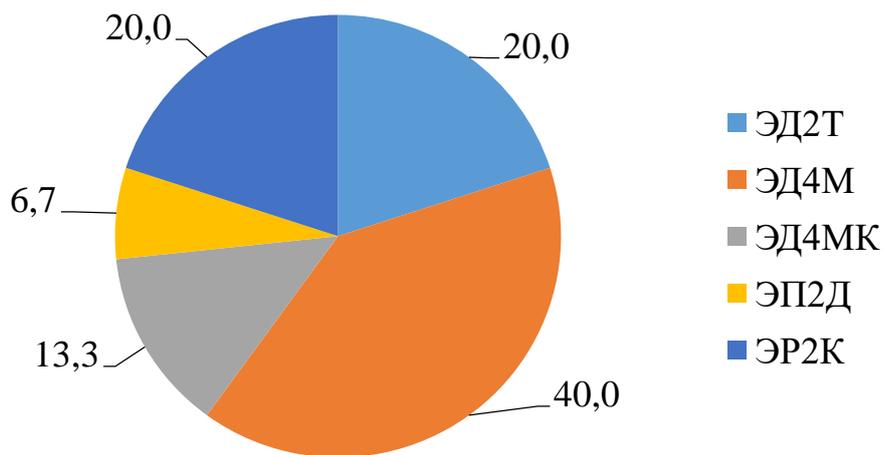


Рис. 2. Доля эксплуатируемых электровозов ТЧ – 31 Омск

На рис. 3 изображена гистограмма причин обточек бандажей колесных пар моторных вагонов и цельнокатанных колесных пар прицепных вагонов за последние 7 лет.

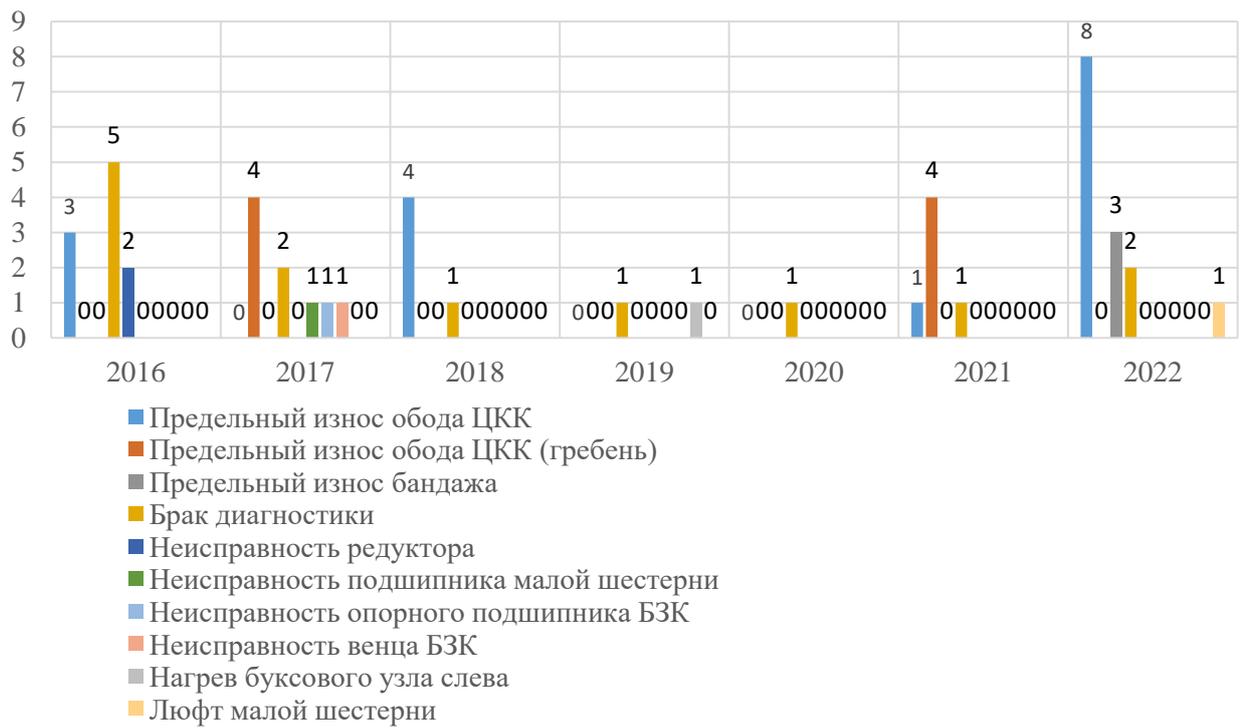
По данным за период 2016 – 2022 годов наблюдается динамика роста износа гребня в 2016, 2017, 2019 и 2022 годах. Всего за 7 лет суммарно по износу гребня выявлено 110 неисправностей, по другим причинам 66, по остроконечному накату не выявлено.



Рис. 3. Гистограмма причин обточек бандажей колесных пар и цельнокатанных колесных пар

На рис. 4 изображена гистограмма причин замены колесных пар моторных вагонов и цельнокатанных колесных (ЦКК) пар прицепных вагонов за последние 7 лет.

Наиболее частая выявляемая неисправность - предельный износ обода ЦКК, всего было выявлено 16 случаев. Вторыми по распространенности является брак по результатам диагностирования диагностики, было выявлено 13 случаев, третьим, предельный износ обода ЦКК (гребень), было выявлено 8 случаев за весь период наблюдений.



**Рис. 4. Гистограмма причин замены колесных пар моторных вагонов и цельнокатанных колесных пар прицепных вагонов**

Обточку бандажей колесных пар без выкатки колесных пар электропоездов в условиях депо ТЧ-31 Омск производят на универсальном токарном станке типа А41.01 (рис. 5). Обточка производится двумя суппортами в режиме числового программного управления. Система управления обеспечивает возможность обработки разных профилей колес без переналадки станка [3].

Станок колесотокарный для обточки колесных пар состоит из правого 1 и левого 2 суппортов, установленных на станине 3 сварной конструкции, подъемного устройства, которое состоит из двух гидродомкратов 4, 5 для подъема колесной пары, автономной гидростанции 6, электроустановки 7 для вращения ТЭД локомотива, шкафа управления 8 и пульта управления 9.

В канаву с установленным станком с двух сторон ведут лестничные спуски.

Рельсовые вставки 10, 11 опираются на специальные плиты, установленные на фундаменте.

На рельсовых вставках крепятся засовы, которые запирают вставки при перемещении по ним тележки обрабатываемого объекта.

Стены канавы должны быть облицованы метлахской плиткой. Против суппортов под ногами у токарей должны быть установлены деревянные мостики.

Вращение колесной пары при обточке осуществляется тяговым двигателем этой же колесной пары. Колесную пару прицепного вагона электросекции вращают приводом за гайку.

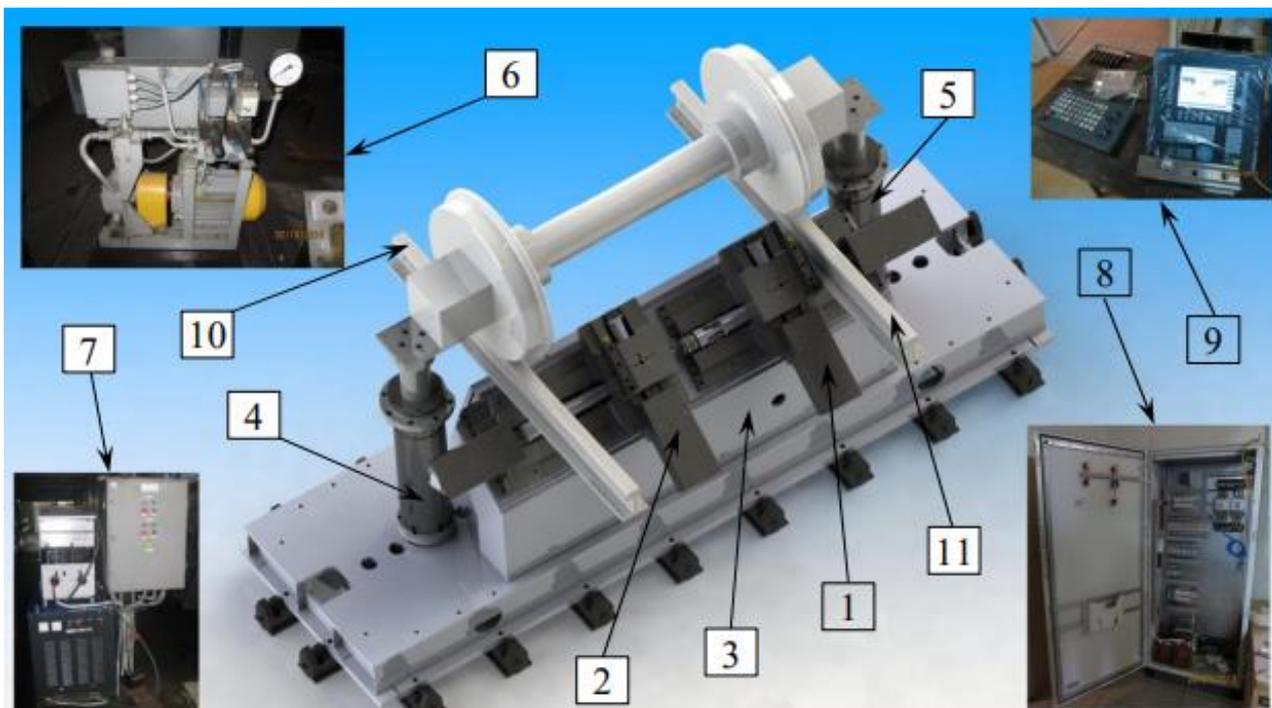


Рис. 5. Станок универсальный токарный типа А41.01

В настоящее время неразрушающий контроль бандажей и ободьев колесных пар МВПС производится ультразвуковыми дефектоскопами УД2 – 102 и УД2 – 70 вручную в соответствии с инструкцией [4] и разработанной в соответствии с ней технологической картой. Данный метод трудоёмкий, возможно появление погрешности измерения, так как в процессе диагностирования важную роль играет человеческий фактор [5].

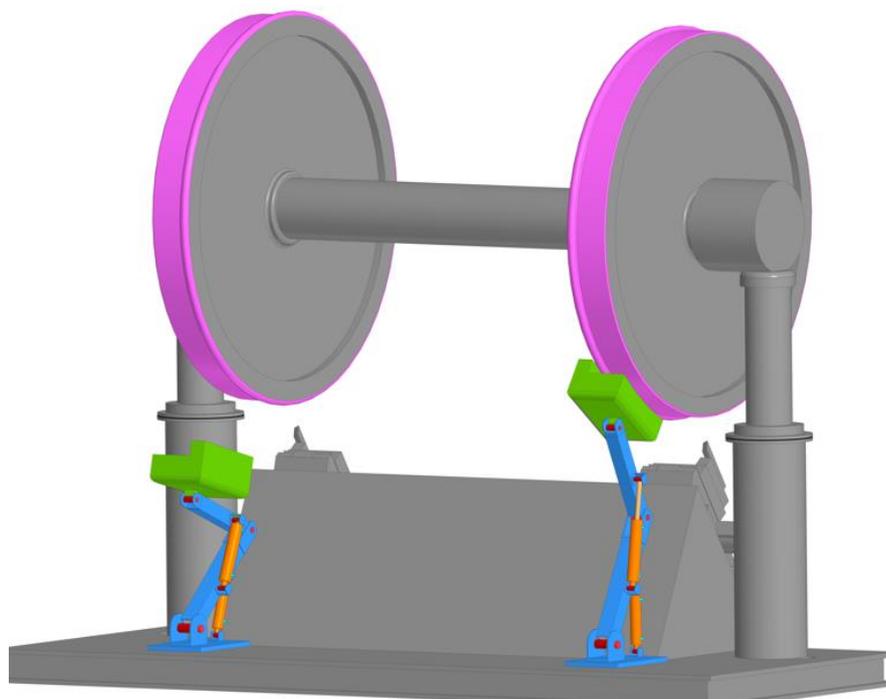
В соответствии с основополагающими нормативными документами, утвержденными ОАО «РЖД», Правительством и Президентом Российской Федерации главным приоритетом развития науки и техники является переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта [6-13].

В связи с этим актуальной задачей является разработка роботизированного прибора неразрушающего контроля бандажей колесных пар моторвагонного подвижного состава, который позволит автоматизировать процесс неразрушающего контроля поверхности катания бандажей и ободьев колесных пар после проведения обточки на колесно-токарном станке, в том числе:

1. автоматической или дистанционной калибровки дефектоскопа;
2. передачи результатов измерений на ПЭВМ рабочего места мастера по ремонту;
3. разработки программной барьерной функции индикации при выявлении критических браковочных параметров [1].

### Полученные результаты

Разрабатываемый роботизированный прибор неразрушающего контроля бандажей колесных пар моторвагонного подвижного состава предлагается установить на позицию обточки с токарным станком типа А41.01 в депо ТЧ-31 Омск, как показано на рис. 6.



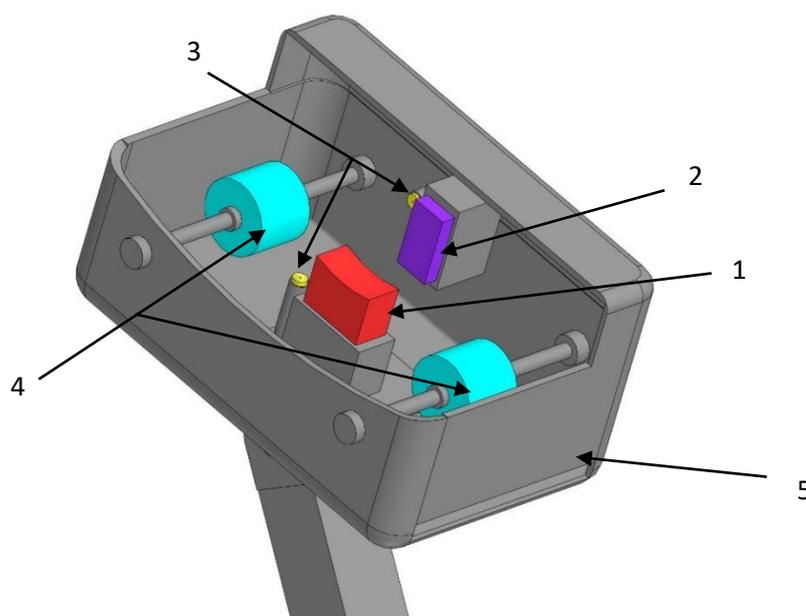
**Рис. 6. Пример установки роботизированного прибора неразрушающего контроля бандажей колесных пар на позиции обточки**

Принцип работы предлагаемой системы.

После того как бандаж колесной пары прошел обработку на позиции обточки, в автоматическом режиме производится диагностирование бандажа колесной пары.

К колёсной паре подводится измерительный модуль с пьезоэлектрическим преобразователем (ПЭП) (рис. 7) и прижимается упорными роликами 4 к колесной паре.

При вращении колесной пары преобразователь 1 производит ультразвуковое диагностирование поверхности катания, а преобразователь 2 производит ультразвуковое диагностирование зоны гребня на предмет трещин, внутренних раковин и иных скрытых дефектов.



**Рис. 7. Измерительный модуль**

**1 – преобразователь П121-2,5-90-Б поверхности катания, 2 – преобразователь П121-2,5-50-Б гребня, 3 – форсунки, 4 – упорные ролики, 5 – корпус**

Полученные данные подаются на многоканальный дефектоскоп УСМ - 8 (рис. 8).



Рис. 8. Многоканальный дефектоскоп УСМ - 8

В одном дефектоскопе УСМ-8 реализовано до 8 однотипных или комбинированных каналов (методов контроля), что позволяет обеспечить диагностирование объектов даже из разнородных материалов. Все настройки и управления рабочими режимами задаются через внешний компьютер.

В комплекте с УСМ-8 поставляется программное приложение под ОС Windows для управления и обработки данных в режиме "online". Система проста и удобна в обслуживании, легко масштабируется [14].

Также можно обеспечивать синхронизацию с сетью данных ОАО «РЖД»: с программным ресурсом АСУ ПРИГ и с программным ресурсом АС ЭПЛ ПРИГ и обеспечивать идентификацию колесной пары перед проведением неразрушающего контроля, как в автоматизированном режиме с помощью Rfid метки, QR - кода, Data – matrix, так и в ручном.

На рис. 9 изображен сценарий взаимодействия метки с предлагаемой системой на примере контроля доступа к информации детали. В основе RFID – технологии лежит обмен данными без прямого контакта между меткой и ридером. Технология распознавания полностью осуществляется бесконтактно при нахождении цифровой метки в зоне контакта ридера. Ридер сканирует электромагнитные волны, которые передаются чипом, затем полученные данные отправляет на программное обеспечение. Программное обеспечение сохраняет обработанные данные в базе данных, тем самым отображая изменения.

Предлагаемая система обеспечивает быструю и надежную обработку данных, содержащихся в символьных метках прямого нанесения, при подтверждении соответствия нормативно-технической базы документов к конкретным узлам и деталям вагонов, при этом можно подтвердить права изготовителя [15].

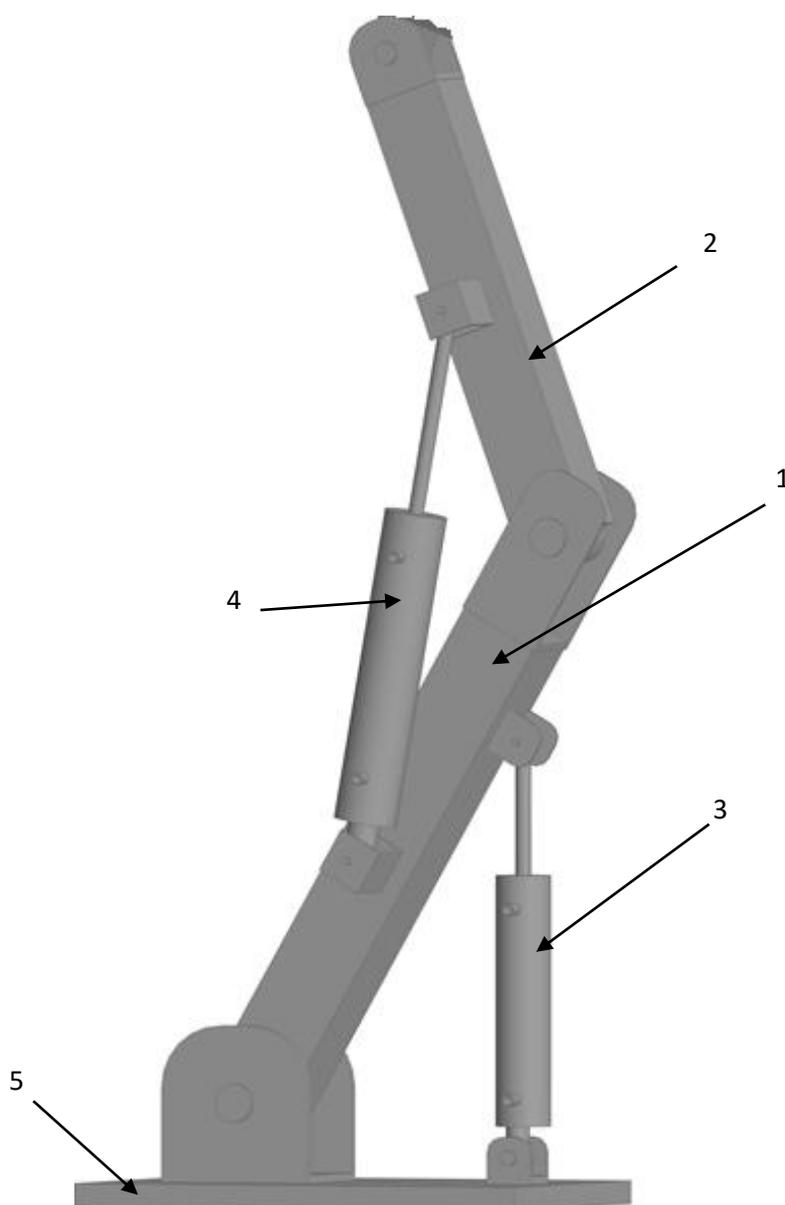


Рис. 9. Концепция взаимодействия метки с системой

Главными элементами системы являются преобразователи типа П121 с углом ввода 50 и 90 град. Расположение данных ПЭП представлены на рис. 7 под цифрой 1 П121-2,5-90-Б, под цифрой 2 П121-2,5-50-Б.

Для лучшего скольжения преобразователя по поверхности сканируемого элемента с помощью форсунки 3 подаётся жидкость (вода), которая хорошо смачивает поверхность.

Для подвода данных модулей к диагностируемым поверхностям колесной пары предлагается использовать два рычажных механизма 1 и 2 с пневматическим приводом 3 и 4 (рис. 10). Данные механизмы предлагается устанавливать на привалочную плиту станка, основанием 5, с помощью резьбового соединения.



**Рис. 10. Рычажный механизм**

**1 – рычаг первой ступени, 2 – рычаг второй ступени, 3 – пневматический цилиндр с ходом поршня 125 мм, 4 – пневматический цилиндр с ходом поршня 100 мм, 5 – основание**

Для приведения диагностических устройств в рабочее положение предлагается использовать пневматические цилиндры двух типов:

Для первой ступени рычажного механизма пневматические цилиндры Camozzi 42M2N032A0100 или аналог двустороннего действия с регулировкой демпфирования в обе стороны, присоединение: G1/8", магнитный, диаметр цилиндра: 32 мм, ход поршня: 100 мм [16].

Требуется установка центробежного фильтра 25 мкм, обеспечивающего класс очистки воздуха по стандарту ISO 8573-1:2010 [7:8:4].

Для второй ступени рычажного механизма пневматические цилиндры Camozzi 27U2A50A0125 или аналог двустороннего действия, задняя крышка с боковым подводом воздуха, диаметр цилиндра: 50 мм, ход поршня: 125 мм. Магнитный, встроенное механическое демпфирование в конце хода, пневматическое подключение: G1/4".

Требуется установка центробежного фильтра 25 мкм, обеспечивающего класс очистки воздуха по стандарту ISO 8573-1:2010 [7:8:4].

Для соблюдения технических условий диагностируемых поверхностей колесных пар, применяем блок подготовки воздуха, состоящий из:

1. Фильтр-регулятора Camozzi MC104-D00 или аналог, который позволяет отрегулировать входное давление в систему пневматических цилиндров. Присоединительная резьба: G1/4", толщина фильтрации: 25 мкм, слив конденсата: ручной/полуавтоматический, со сбросом давления, рабочее давление на входе: 0,3 ... 16 бар.

2. С данным фильтром-регулятором будет использоваться манометр Camozzi M043-P12 или аналог для определения выходного давления. Присоединение R1/8", предел шкалы 0 ... 12 бар, наружный диаметр корпуса 39 мм. Осевой подвод воздуха.

Далее для смазывания системы используется маслораспылитель (лубрикатор) Camozzi MC104-L00.

Для плавности хода поршня используется клапан мягкого пуска Camozzi MC104-AV или аналог.

Клапан «мягкого» пуска позволяет избежать поломок оборудования и травмирования персонала при включении пневматической системы с цилиндрами. Клапан «мягкого» пуска делает возможным постепенно увеличивать давление в пневматической системе до 50% от входного значения, после чего величина давления резко увеличивается до номинального (100%). Клапан «мягкого» пуска устанавливается выходным элементом в блоке подготовки воздуха.

Для приведения конструкции в рабочее состояние предлагается применить два распределителя CAMOZZI 338-900 3/2-1/8 или аналог ручного управления.

Функциональные узлы данной пневматической системы предлагается соединить пневмотрубкой TRN-6/4PHLY PA12 DIN73378/74324 или аналогом.

### **Заключение**

Предлагаемый роботизированный прибор неразрушающего контроля бандажей колесных пар моторвагонного подвижного состава позволит осуществлять автоматическое ультразвуковое диагностирование одновременно двух бандажей колесных пар МВПС непосредственно на посту обточки в автоматическом режиме, что позволит исключить субъективную роль человека в процессе проведения диагностирования и контроля полученных результатов, повысить качество ремонта МВПС, уменьшить продолжительность и трудоемкость работ по проведению диагностирования.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Единое окно инноваций: сайт / Запросы на инновации. – URL: <https://eoi.rzd.ru/Ex/Claim/View/359> (дата обращения: 18.10.2023). – Текст: электронный.

2. ОАО «РЖД»: сайт / Пассажирские пригородные перевозки АО «Омск-пригород» – URL: <https://omskprigorod.ru/history/> (дата обращения: 22.03.2023). – Текст электронный.

3. Паспорт на станок универсальный токарный типа А41.01 для обточки без выкатки колесных пар электровозов, тепловозов и электропоездов ТУ У 29.4-01070576-006:2010, Ивано-Франковск 2015 – 37с.

4. Инструкция по ультразвуковому контролю деталей локомотивов и вагонов электропоездов на базе программируемого дефектоскопа УД2-102 : Инструкция № ЦТТ-18/3: [согласовано Заместителем директора ВНИИЖТ В. М. Богдановым 21 июня 1999 г. : утвержде-

на Заместителем руководителя Департамента локомотивного хозяйства МПС РФ 29 июня 199 г.]. – Москва : ВНИИЖТ, 2000. – 39 с. – Текст : непосредственный.

5. ДЕФЕКТОСКОП УЛЬТРАЗВУКОВОЙ "P E L E N G" ("П Е Л Е Н Г") УД2-102 Руководство по эксплуатации ДШЕК.663532.001 РЭ1 Санкт-Петербург 2009 – 35с.

6. Об утверждении долгосрочной программы развития открытого акционерного общества «Российские железные дороги» до 2025 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации № 466-р: [принято Правительством Российской Федерации 19 марта 2019 г.]. – Москва: Проспект; Санкт-Петербург: Кодекс, 2019. – 158 с. – Текст: непосредственный.

7. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Российской Федерации № 204: [Утвержден Президентом Российской Федерации 7 мая 2018 г.]. – Москва: Проспект; Санкт-Петербург: Кодекс, 2018. – 19 с. – Текст : непосредственный.

8. О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации № 642: [Утвержден Президентом Российской Федерации 1 декабря 2016 г.]. – Москва: Проспект; Санкт-Петербург: Кодекс, 2016. – 25 с. – Текст : непосредственный.

9. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации № 490: [Утвержден Президентом Российской Федерации 10 октября 2019 г.]. – Москва: Проспект; Санкт-Петербург: Кодекс, 2019. – 25 с. – Текст : непосредственный.

10. Об утверждении концепции реализации комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога»: Распоряжение заместителя генерального директора ОАО «РЖД» - главного инженера С. А. Кобзева № 1285-р: [Утверждено заместителем генерального директора ОАО «РЖД» - главным инженером С. А. Кобзевым 5 декабря 2017 г.]. – Москва: Проспект; Санкт-Петербург: Кодекс, 2017. – 92 с. – Текст : непосредственный.

11. Об утверждении стратегии научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (Белая книга»: Распоряжение заместителя генерального директора ОАО «РЖД» - главного инженера С. А. Кобзева № 769-р: [Утверждено заместителем генерального директора ОАО «РЖД» - главным инженером С. А. Кобзевым 17 апреля 2018 г.]. – Москва: Проспект; Санкт-Петербург: Кодекс, 2018. – 128 с. – Текст : непосредственный.

12. Об утверждении Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации № 877-р: [принято Правительством Российской Федерации 17 июня 2008 г.]. – Москва: Проспект; Санкт-Петербург: Кодекс, 2008. – 174 с. – Текст : непосредственный.

13. Об утверждении Стратегии развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года № 19: [утверждена советом директоров ОАО «РЖД» 23 декабря 2013 г.]. – Москва: Проспект; Санкт-Петербург: Кодекс, 2013. – 128 с. – Текст : непосредственный.

14. ГЕО – НДТ сайт / Многоканальный дефектоскоп УСМ – 8. – URL: <https://www.geondt.ru/pribor-713-mnogokanalnii-defektoskop-ysm-8.htm> (дата обращения: 25.04.2023). – Текст: электронный.

15. Беспалов Н.Н. Технология идентификации колесных пар в производственном цикле ремонта как инструмент для повышения надежности подвижного состава / Н. Н. Беспалов, А.В. Жебанов, С.В. Коркина. – Текст: электронный // Технические науки. – Красноярск 2021 г. С. 29 -32. – URL: [https://www.elibrary.ru/query\\_results.asp](https://www.elibrary.ru/query_results.asp). – Режим доступа: научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

16. Пневмо – электро: сайт / Пневматические цилиндры и принадлежности. – URL: [https://pnevmo-elektro.ru/shop/pnevmaticheskie\\_sistemy\\_-\\_peremewenie/](https://pnevmo-elektro.ru/shop/pnevmaticheskie_sistemy_-_peremewenie/) (дата обращения: 25.04.2023). – Текст: электронный.

## REFERENCES

1. Single window for innovation: website / Requests for innovation. – URL: <https://eoi.rzd.ru/Ex/Claim/View/359> (date of access: 10/18/2023). – Text: electronic.
2. JSC "Russian Railways": website / Passenger commuter transportation of Omsk Suburban. – URL: <https://omskprigorod.ru/history/> (access date: 03/22/2023). – Electronic text.
3. Passport, universal lathe type A41.01 for turning without rolling out wheel pairs of electric locomotives, diesel locomotives and electric trains TU U 29.4-01070576-006:2010, Ivano-Frankovsk 2015 – 37 p.
4. Instructions for ultrasonic testing of parts of locomotives and electric train cars based on the programmable flaw detector UD2-102: Instruction No. TsTt-18/3: [agreed by Deputy Director of VNIIZhT V. M. Bogdanov on June 21, 1999: approved Deputy Head of the Locomotive Department of the Ministry of Railways of the Russian Federation on June 29, 1999]. – Moscow: VNIIZhT, 2000. – 39 p. – Text: direct.
5. ULTRASONIC DEFECTOSCOPE "P E L E N G" ("P E L E N G") UD2-102 Operating manual DSHEK.663532.001 RE1 St. Petersburg 2009 – 35 p.
6. On approval of the long-term development program of the open joint-stock company "Russian Railways" until 2025: Order of the Government of the Russian Federation No. 466-r: [adopted by the Government of the Russian Federation on March 19, 2019]. – Moscow: Prospekt; St. Petersburg: Codex, 2019. – 158 p. – Text: direct.
7. On the national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period until 2024: Decree of the President of the Russian Federation No. 204: [Approved by the President of the Russian Federation on May 7, 2018]. – Moscow: Prospekt; St. Petersburg: Codex, 2018. – 19 p. – Text: direct.
8. On the strategy of scientific and technological development of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation No. 642: [Approved by the President of the Russian Federation on December 1, 2016]. – Moscow: Prospekt; St. Petersburg: Codex, 2016. – 25 p. – Text: direct.
9. On the development of artificial intelligence in the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation No. 490: [Approved by the President of the Russian Federation on October 10, 2019]. – Moscow: Prospekt; St. Petersburg: Codex, 2019. – 25 p. – Text: direct.
10. On approval of the concept for the implementation of the complex scientific and technical project "Digital Railway": Order of the Deputy General Director of JSC Russian Railways - Chief Engineer S. A. Kobzev No. 1285-r: [Approved by the Deputy General Director of JSC Russian Railways - Chief Engineer S. A. Kobzev December 5, 2017]. – Moscow: Prospekt; St. Petersburg: Codex, 2017. – 92 p. – Text: direct.
11. On approval of the strategy for scientific and technological development of the Russian Railways holding for the period until 2025 and for the future until 2030 (White Book: Order of the Deputy General Director of Russian Railways JSC - Chief Engineer S. A. Kobzev No. 769-r: [Approved by Deputy General Director of JSC Russian Railways - Chief Engineer S. A. Kobzev on April 17, 2018] - Moscow: Prospekt; St. Petersburg: Codex, 2018. - 128 pp. - Text: direct.
12. On approval of the Strategy for the Development of Railway Transport in the Russian Federation until 2030: Order of the Government of the Russian Federation No. 877-r: [adopted by the Government of the Russian Federation on June 17, 2008]. – Moscow: Prospekt; St. Petersburg: Codex, 2008. – 174 p. – Text: direct.
13. On approval of the Development Strategy of the Russian Railways holding for the period until 2030 No. 19: [approved by the Board of Directors of Russian Railways JSC on December 23, 2013]. – Moscow: Prospekt; St. Petersburg: Codex, 2013. – 128 p. – Text: direct.
14. GEO - NDT website / Multichannel flaw detector USM - 8. - URL: <https://www.geondt.ru/pribor-713-mnogokanalnii-defektoskop-ysm-8.htm> (access date: 04/25/2023). – Text: electronic.
15. Bespalov N.N. Technology for identifying wheel pairs in the repair production cycle as a tool for increasing the reliability of rolling stock / N.N. Bespalov, A.V. Zhebanov, S.V. Korkina. –

Text: electronic // Technical sciences. – Krasnoyarsk 2021, pp. 29 -32. – URL: [https://www.elibrary.ru/query\\_results.asp](https://www.elibrary.ru/query_results.asp). – Access mode: scientific electronic library eLIBRARY.RU.

16. Pneumo-electro: website / Pneumatic cylinders and accessories. – URL: [https://pnevmo-elektro.ru/shop/pnevmaticheskie\\_sistemy\\_-\\_peremewenie/](https://pnevmo-elektro.ru/shop/pnevmaticheskie_sistemy_-_peremewenie/) (access date: 04/25/2023). – Text: electronic.

### **Информация об авторах**

*Истомин Станислав Геннадьевич* – к. т. н, доцент, доцент кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог», Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, e-mail: [istomin\\_sg@mail.ru](mailto:istomin_sg@mail.ru)

*Шибков Аркадий Викторович* – студент гр.48Е, 5 курс, Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, e-mail: [arkadiy.shibkov.10@mail.ru](mailto:arkadiy.shibkov.10@mail.ru)

*Юрасов Олег Дмитриевич* – к. т. н, доцент, доцент кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог», Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, e-mail: [yurasov\\_oleg@mail.ru](mailto:yurasov_oleg@mail.ru)

### **Information about the authors**

*Istomin Stanislav Gennadevich* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Rolling stock electric railways», Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, e-mail: [istomin\\_sg@mail.ru](mailto:istomin_sg@mail.ru)

*Shibkov Arkady Viktorovich* – Student gr. 48E 3 courses, Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, e-mail: [arkadiy.shibkov.10@mail.ru](mailto:arkadiy.shibkov.10@mail.ru)

*Yurasov Oleg Dmitrievich* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Rolling stock electric railways», Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, e-mail: [yurasov\\_oleg@mail.ru](mailto:yurasov_oleg@mail.ru)