

УДК 656.212.5

В. В. БУРЧЕНКОВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Рассмотрены цифровые источники информации для роботизированных систем и принципы действия цифровых устройств контроля технического состояния и диагностики подвижного состава. Сформулированы предложения по расширению функций робототехнических комплексов для осмотра грузовых вагонов. Показаны пути повышения производительности труда осмотриков вагонов и сокращения времени осмотра составов. Рассмотрено информационное обеспечение ремонта грузовых вагонов.

Введение. Для решения задач по выполнению требований к повышению безопасности движения поездов с одновременным повышением производительности труда необходимо применение эффективных цифровых систем диагностирования технического состояния подвижного состава на основе новейших технологий роботизированного осмотра и ремонта [1].

Наибольшие трудности для безопасности перевозочного процесса создаются в случае, когда неисправность проявляет себя в момент нахождения поезда в пути следования. Так, время вывода с перегона грузового вагона при неисправности буксового узла зачастую приводит к срывам графика движения поездов. При этом некоторые неисправности возможно выявить только при движении грузового вагона. В основном это относится к колесным парам и буксовым узлам, а также другим элементам ходовых частей грузовых вагонов.

Для определения технического состояния подвижного состава в пути следования и на подходах к станции задействованы многочисленные средства технического контроля. К основным системам диагностики подвижного состава в движении относятся: комплексы технических средств мониторинга нагрева букс вагонов КТСМ-01Д и КТСМ-02, автоматизированные диагностические системы контроля геометрических параметров колесных пар вагонов «Комплекс-2», приборы акустического контроля для выявления неисправностей буксовых узлов ПАК, системы обнаружения дефектов колес по поверхности катания LASCA [2].

Постановка задачи. Информационно-измерительные системы располагаются в основном перед пунктами технического обслуживания ПТО крупных узловых станций и обеспечивают осмотриков и ремонтников грузовых вагонов предварительной информацией о выявленных дефектах. Такое распределение функций между перегонными и станционными системами диагностики для определения неисправных деталей и узлов в ходовой части вагонов способствует росту производительности труда. Однако основной объем работы по текущему ремонту определяется в результате визуального осмотра подвижного состава.

Осмотр вагонов является важнейшим элементом для обеспечения безопасности перевозочного процесса. Актуальным вопросом остается обслуживание и предрейсовый осмотр составов грузовых вагонов. Основным недостатком известных технических средств – низкий уровень обнаружения дефектов в труднодоступных для осмотра местах литых деталей грузового вагона в силу

проявления так называемого «человеческого фактора» (квалификации осмотрика, его дисциплинированности, возможного снижения остроты зрения из-за длительного рабочего времени, воздействия климатических условий и т. д.). Сложность контроля литых деталей заключается в том, что дефекты носят развивающийся характер (под действием переменных нагрузок происходит развитие дефектов до критических параметров, что влечет за собой разрушение детали). При наличии дефекта в глубине отливки трещина от дефекта литья развивается постепенно внутри детали до критического размера, при котором происходит разрушение. Из-за существенного увеличения числа вагонов в составе (в последнее время до 70 и более) объем работы увеличивается.

Основная часть. Внедрение роботов для осмотра ходовой части вагона обеспечит более быстрое выявление дефектов и их локализацию. Для решения проблемы, после соответствующего перепрограммирования, может быть использована передвижная платформа робота фирмы Digital Vanguard. Этот робот снабжен манипулятором и телескопической «роборукой», а также набором вспомогательного оборудования, которое можно преобразовать для диагностирования ходовой части вагона. Стандартная комплектация предложенного робота-осмотрика включает в себя следующие составляющие: беспроводной цифровой робот на гусеничном ходу; 2G командная консоль; Bluetooth-манипулятор; USB-гарнитура и контроллер Playstation; USB-клавиатура и концентратор; антенна робота KIT, в т. ч. штатив [3, 4].

Особенностями данного робота являются: порт для дополнительного зондирования и обнаружения устройств, допускающий одновременное использование нескольких функций; телескопическая и шарнирная «рука» с шестью осями движения; три стандартные видеокамеры и инфракрасный излучатель для работы в условиях недостаточной освещенности; регулирование скорости движения робототехнической платформы; возможность многократного увеличения изображений видеокамер и аудиозапись сообщений осмотрика. Дисплей пульта имеет следующие характеристики: 39,6 см (15.6") Full HD 1080p 1920×1080 800 NIT, что позволяет использовать его даже при солнечном освещении [4].

С помощью видеокамер высокого разрешения, например Vanguard Infrared, установленных на гибком

дистанционно управляемом манипуляторе, данная модель роботизированного комплекса позволит осматрщику определить дефекты тормозных колодок, боковых рам тележек, буксовых узлов, центрального рессорного подвешивания, гасителей колебаний, подпятников, рессорного подвешивания. При этом повысится качество осмотра ходовой части вагонов в труднодоступных местах, особенно в условиях недостаточной освещенности. Размещение на дополнительной консоли лазерного профилометра позволит заменить трудозатратные операции с абсолютным шаблоном для контроля геометрии вагонного колеса, а лазерная измерительная рулетка упростит операции с фиксацией линейных размеров между гребнями колес вагонной оси [6].

В целях расширения диагностических функций в конструкцию робота может быть добавлен магнито-рошковый дефектоскоп с компактным намагничивающим устройством. Прибор позволит выявлять микротрещины в колёсных парах вагона, что расширит возможности применения робота. Также предполагается использовать ультразвуковой дефектоскоп для обнаружения дефектов в деталях из различных металлических и неметаллических материалов методами неразрушающего контроля [5]. Специально разработанные алгоритмы управления манипулятором позволяют обнаруживать и классифицировать дефекты в недоступных для осмотра местах. Благодаря специальным аналого-цифровым преобразователям и опциям цифрового фильтрации измеряемые сигнатуры могут быть преобразованы в полезную информацию без выкатки тележек [6].

Посредством монтажа нескольких консолей на одной платформе очередность действий осматрщика преобразуется в серию последовательно выполняемых манипуляций на пульте управления робототехнического комплекса. Для этого необходимо выполнить минимальные технические мероприятия. Поскольку посадочные места для дополнительных приборов предусмотрены на этапе резервирования опций для расширения функциональных свойств, появляется возможность повысить качество технического осмотра подвижного состава. Становится доступным контроль излома оси колесной пары, осевой шейки или внутренней стороны колеса, контроль дефектов поверхности катания колес подвижного состава, фиксация изломов боковой рамы вагонной тележки, обнаружение трещин в корпусах автосцепок, проверка исправности рычажной тормозной системы и воздухораспределителей. Следует отметить, что робот-осматрщик позволяет осуществлять как мониторинг технического состояния отдельных узлов и деталей грузовых вагонов, так и сбор информации о выявленных дефектах в автоматическом режиме с передачей данных результатов контроля в ПТО в режиме online. Цифровизация позволяет осуществлять разработку управляющих программ для роботов-осматрщиков. При этом процесс отрабатывается не на физических вагонах, а на виртуальных (цифровых) эталонах дефектов, что минимизирует риски поломки оборудова-

ния и необнаружения бракованных деталей. Создание на основе технологии Интернета вещей (Internet of Things (IoT) цифровых двойников объектов контроля позволит резко повысить эффективность осмотра и ремонтных работ [7, 8].

Для осмотра грузовых вагонов могут быть применены передвижные робототехнические устройства, включающие систему автоматизированного визуального контроля типа «Техновизор», интеллектуальный комплекс непрерывной диагностики типа «КНД-1», аппаратно-программное устройство робототехнического средства.

Прибор «Техновизор» предназначен для визуального измерения геометрических параметров деталей грузового вагона, таких как толщина и ширина обода колеса, завышение/занижение фрикционных клиньев, разность высот осей смежных автосцепок, нарушение монтажа магистрального трубопровода. Комплекс типа «КНД-1» предназначен для выявления трещин в литых деталях грузовых вагонов и передачи информации в виде «Колесо целое», «Рама целая» или, наоборот, они дефектны. Аппаратно-программное устройство робототехнического средства предназначено для получения, обработки и хранения первичной информации о техническом состоянии грузового вагона, поступающей от комплексов типа «Техновизор» и «КНД-1», передачи информации о техническом состоянии вагона на АРМ оператора ПТО, а также для позиционирования робототехнического средства на конкретном объекте контроля в виде вагонной тележки.

С целью сокращения времени диагностирования технического состояния грузового вагона робототехническое средство оснащено двумя диагностическими комплексами типа «Техновизор» и «КНД-1», которые размещаются на телескопических штангах, обеспечивающих возможность вести одновременно контроль двух вагонных колес и боковой рамы тележки. Функциональная схема робототехнического средства на основе совместного применения систем «Техновизор» и «КНД-1» приведена на рисунке 1 [9].

В общем случае работа робототехнического средства заключается в автоматическом повторении действий осматрщика вагонов при высоком качестве контроля технического состояния грузового вагона. Оцифровывание дефектов осуществляется автоматически путем многократных измерений контролируемых параметров, что существенно уменьшает ошибки по сравнению с ручным осмотром.

Определение порядкового номера вагона с дефектной тележкой, колесной парой и номера оси в вагоне возможно при использовании индуктивных отметчиков счета осей (датчиков колес подвижного состава). Использование счетчиков импульсов, функционирующих по специальным алгоритмам, дает возможность осуществлять счет физических вагонов независимо от числа осей в них, а также фиксировать отдельные оси в вагоне.

Благодаря объединению и совмещению данных по дефектам и системы счета осей в проверяемом составе реализуется возможность конкретной локализации вагонной оси или боковой рамы тележки с дефектом [2].



Рисунок 1 – Функциональная схема робототехнического средства для контроля технического состояния грузовых вагонов

Помимо осмотра и текущего ремонта в ПТО особого внимания заслуживает вопрос качественного осуществления всех видов ремонта вагонов, в том числе деповских ремонтов. На железнодорожном транспорте РФ фиксируется в среднем более 1 млн отцепок во внеплановый ремонт ежегодно, а, например, в 2017 году коэффициент отцепки одного вагона составил 1,23 (1,3 млн отцепок при парке 1,08 млн вагонов) [10]. В настоящее время качество производства деповского ремонта грузовых вагонов остается насущной проблемой. Наибольшее количество отцепок происходит из-за неисправностей колесных пар, тележек и кузовов, автотормозного оборудования и буксовых узлов. Часть вагонов после прохождения деповского ремонта не отрабатывает положенного срока и преждевременно выходит из строя. Принимаемые в вагоноремонтных предприятиях меры по укреплению контроля за качеством ремонта, несмотря на несомненный положительный эффект, не снимают полностью существующей проблемы – обеспечения надлежащего качества ремонта грузовых вагонов и оптимизации целевого состояния деятельности депо в показателях «себестоимость – качество». Для повышения эффективности управления деятельностью вагоноремонтного депо и качества ремонта грузовых вагонов необходимо системное решение.

На базе вагоноремонтного депо перспективно внедрение «Автоматизированной системы управления технологическим процессом ремонта грузовых вагонов АСУ-ТОРО В» [10]. Указанная система позволит добиться положительного решения поставленных задач за счет:

- оптимизации процесса оперативного планирования;
- цифровой паспортизации вагона и его составных узлов;
- пооперационного контроля технологического цикла ремонта;

- контроля комплектации подвижного состава и параметров его узлов;

- формирования и ведения отчетных форм.

В рамках анализа данной системы рассмотрим один из компонентов функциональности автоматизированной системы управления технологическим процессом ремонта вагоноремонтного депо – пооперационный контроль исполнения технологического процесса ремонта грузовых вагонов, в который входит:

- приемка в ремонт;
- дефектация, комплектование и передача в ремонт;
- техническое диагностирование;
- ремонт и доработка;
- сборка, монтаж;
- испытания;
- выдача из ремонта.

Указанная последовательность операций определена существующими технологическими картами на ремонт вагонов и каждого из его узлов (автосцепка, колесная пара, авторегулятор и т. д.). Работа в автоматизированной системе строится на основе технологического цикла ремонта деталей вагона, приведенного на рисунке 2.

Строгая последовательность ввода данных и иерархическая структура слежения за операциями технологического процесса позволяют контролировать процесс ремонта с рабочих мест руководителей. Упрощается система контроля над исполнением всех регламентированных действий, что, несомненно, повышает качество ремонта.

Примерная структурная схема идентификации деталей грузового вагона в экспериментальной системе АСУ-ТОРО В приведена на рисунке 3 для вагоноцементовоза [10].

Операции технологического процесса в автоматизированной системе подтверждаются цифровыми подписями ремонтников, совершающих технологическую операцию в системе.

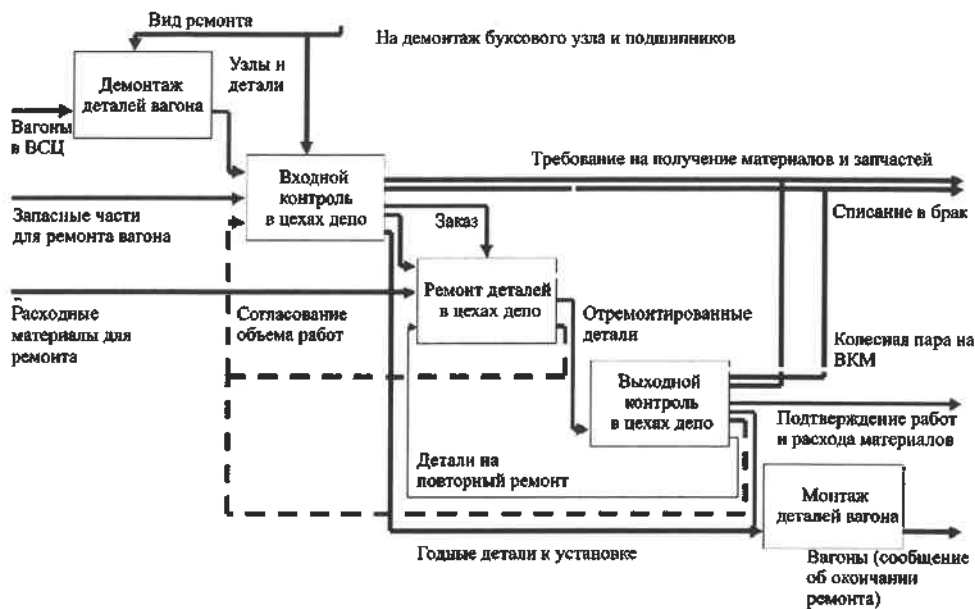


Рисунок 2 – Технологический цикл ремонта деталей и узлов вагонов

Цифровые подписи в виде шифрованного табельного номера ремонтника формализуется с помощью носимого технологического пульта с микропередатчиком. Цифровая подпись

свидетельствует об окончании этапа технологического процесса и подтверждает правильность и полноту данных на текущем этапе (рисунок 4).

Идентификатор	Наименование	Статус
442000001_1	Тяговый клин 22511	000000010085303 10100020412 000
442000001_2	Тяговый клин 1493	000000010085304 10100020413 000
442000002_1	Амортизатор 43026	000000010085305 10100020414 000
442000002_2	Амортизатор 14902	000000010085306 10100020415 000
442000003_1	Колесный ступица 3907	000000010085307 10100020416 000
442000003_2	Колесный ступица	000000010085308 10100020417 000
442000007_1	Колесная пара 50945	000000010085309 10100020418 000
442000004_1	Колесная пара 40416	000000010005526 10100020425 000
442000004_2	Колесная пара 1791	000000010005527 10100020427 000
442000005_1	Колесная пара 112678	000000010005528 10100020429 000
442000005_2	Колесная пара 20909	000000010005529 10100020429 000
442000007_2	Колесная пара 529	000000010005530 10100020419 000
442000004_1	Колесная пара 19214	000000010005531 10100020430 000
442000004_2	Колесная пара 16201	000000010005532 10100020431 000
442000006_1	Колесная пара 4456	000000010005525 10100020425 000
442000006_2	Колесная пара 44369	000000010005530 10100020433 000
442000011	Узелная часть 59019	000000010085427 10100020428 ✓
442000011	Узелная часть 2078 9509	000000010085290 10100020434 ✓
442000012	Амортизатор 17796	000000010085426 10100020422 ✓
442000013	Амортизатор	000000010085432 ✓
442000014_1	Клеймо	000000010085474 ✓
442000014_2	Клеймо	000000010085424 ✓

Рисунок 3 – Структурная схема идентификации деталей грузового вагона



Рисунок 4 – Последовательность заполнения данных для журналов форм ВУ с помощью цифровых подписей

Существующая последовательность ремонта фиксируется девятью цифровыми подписями (согласно позициям системы):

- 1) приемщик;
- 2) дефектоскопист – входной контроль;
- 3) бригадир/мастер – входной контроль;
- 4) ремонтник (рабочий);
- 5) дефектоскопист – выходной контроль;
- 6) бригадир/мастер – выходной контроль;
- 7) монтажник (рабочий);
- 8) приемщик вагонов ЦВ;
- 9) начальник ремонтного депо.

На основе данных, вводимых пользователями системы, формируются в автоматическом режиме и ведутся в цифровом виде отчетные формы ремонтной деятельности с пооперационным контролем технологического процесса ремонта каждого узла вагона, с вводом и контролем первичных данных, необходимых для формирования цифровых отчетных форм ВУ (с возможностью распечатки): ВУ-32, ВУ-53, ВУ-90, ВУ-92, ВУ-93, ВУ-47, ВУ-68, ВУ-31, ВУ-36, ВУ-52, ВУ-50 [9].

Заключение. В представленном исследовании предложены модели робототехнической системы для осмотра ходовой части вагона, выполняющей ряд функций осмотрщика; определены параметры и рабочие характеристики робота для повышения достоверности обнаружения дефектов в литых и труднодоступных деталях грузового вагона.

Данные системы заменяют участие человека в ряде монотонных, трудоемких операций осмотра ходовой части вагона, помогают экономить материалы и время. Достоинством предложенной технологии является многократное увеличение числа измерений дефектов подвижного состава, в отличие от ручного осмотра, осуществляющего в большинстве случаев однократное измерение в дискретных точках ходовой части вагонов. Робот-осмотрщик на 40–50 % сокращает время осмотра состава вагонов и снижает потребность в отдельных приспособлениях и инструментах для контроля технического состояния подвижного состава.

Получено 11.04.2022

V. V. Burchenkov, Digital Technologies for Improving the Maintenance and Repair of Freight Cars.

The article considers digital sources of information for robotic systems and the principles of operation of digital devices for monitoring the technical condition and diagnostics of rolling stock. Proposals were formulated to expand the functions of robots-inspectors of freight cars. The ways of increasing the productivity of wagon inspectors and reducing the time of inspection of trains are shown. Considered information support for the repair of freight cars.

Внедрение автоматизированных цифровых систем ремонта деталей и узлов позволяет существенно уменьшить влияние «человеческого фактора» на достоверность и качество диагностирования технического состояния грузовых вагонов, повысить уровень технологической дисциплины.

Список литературы

- 1 Розенберг, Е. Н. О направлениях развития цифровой железной дороги / Е. Н. Розенберг, Ю. Н. Дзюба, В. В. Батраев // Автоматика, связь, информатика. – 2018. – № 1. – С. 9–12.
- 2 Бурченков, В. В. Автоматизация технического контроля и диагностики подвижного состава железных дорог : [монография] / В. В. Бурченков. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 254 с.
- 3 Бурдаков, С. Ф. Системы управления движением колесных роботов / С. Ф. Бурдаков, И. В. Мирошник, Р. Э. Стельмаков. – СПб. : Наука, 2001. – 230 с.
- 4 Градецкий, В. Г. Управляемое движение мобильных роботов по произвольно ориентированному в пространстве поверхностям / В. Г. Градецкий, В. Б. Вешников, С. В. Калининченко. – М. : Наука, 2001. – 360 с.
- 5 Вильданов, Р. Г. Магнитный интроскоп МД-11 ПМ / Р. Г. Вильданов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2004. – № 2. – С. 50–52.
- 6 Баранов, Л. А. Оценки погрешности и помехоустойчивости тракта аналого-цифрового преобразования в системах автоматического контроля и управления / Л. А. Баранов // Электротехника. – 2017. – № 9. – С. 29–36.
- 7 Тэттер, В. Ю. Диагностирование подвижного состава и его связь с направлением цифровизации железных дорог / В. Ю. Тэттер, А. Ю. Тэттер // Национальные приоритеты России. – 2018. – № 3. – С. 87–93.
- 8 Ковалев, С. М. Интеллектуализация контроля вагонов в железнодорожном сортировочном парке / С. М. Ковалев, А. В. Суханов // Мир транспорта. – 2019. – Т. 17, № 4. – С. 98–110.
- 9 Поздеев, А. В. Разработка и внедрение автоматизированной системы ремонта грузовых вагонов / А. В. Поздеев, Н. Ж. Кинаш, Д. А. Кулаков // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2012. – № 4 (36). – С. 182–191.
- 10 Райков, Г. В. Технология учета комплектации грузовых вагонов ходовыми частями в межремонтном периоде / Г. В. Райков, Г. А. Виноградова // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2005. – № 2. – С. 22–28.