

допустимое значения в точках общего присоединения к электрическим сетям (равное 2,0 и 4,0 % соответственно). Следовательно, необходима разработка мероприятий по улучшению качества электрической энергии в точках общего присоединения.

#### Список литературы

1 Имитационная модель совместной работы системы тягового электроснабжения и электрического подвижного состава / В. С. Могила [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2017. – № 2 (54). – С. 191–196.

УДК 656.212.5

## ЦИФРОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РОБОТИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

*В. В. БУРЧЕНКОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*В. Д. ШАНТУР*

*Белорусская железная дорога, г. Минск*

Для решения задач по выполнению требований к повышению безопасности движения поездов, с одновременным сокращением эксплуатационных затрат, необходимо применение эффективных цифровых систем диагностирования технического состояния подвижного состава на основе новейших технологий роботизированного осмотра и ремонта. Робототехника является одним из важнейших направлений научно-технического прогресса на железнодорожном транспорте, в котором проблемы механики и новых технологий соприкасаются с проблемами искусственного интеллекта.

Автоматическое выявление дефектов деталей и узлов ходовой части вагонов на ходу поезда выполняется с помощью информационно-измерительных диагностических систем. Эти системы располагаются, в основном, перед пунктами технического обслуживания ПТО крупных узловых станций и обеспечивают осмотрщиков и ремонтников грузовых вагонов предварительной информацией о выявленных дефектах. Такое распределение функций определения неисправных деталей и узлов в ходовой части подвижного состава, между перегонными и станционными системами диагностики, способствует существенному росту производительности труда.

Для интеграции в единый комплекс разнообразных устройств осмотра ходовой части вагонов предлагается использовать платформу T&IMP. Платформа интегрирует в единый комплекс результаты предварительных проверок подвижного состава: системы контроля взвешивания подвижного состава в движении (WIM), контроля ударных нагрузок, передаваемых от колеса на рельсы (WILD), контроля нагретых букс и колес (HABD/HWD), обмера колес (WMS), акустического контроля роликовых буксовых подшипников (ABD), контроля нагрева рельса (RHT) и оперативные результаты измерений, полученные осмотрщиком вагонов.

Основная задача объединения баз данных состоит в том, чтобы выдавать аварийные предупреждения, соответствующие видам выявленных дефектов, имеющих критическое значение для оперативного ремонта. Очевидно, что реализация этих функций даст и реальный экономический эффект, проявляющийся в уменьшении ущерба от аварий, повышении уровня готовности поездов в парках отправления. Еще одно важное свойство комплексирования систем – это возможность использования данных измерений совместно с результатами моделирования износа и отказов в целях прогнозирования оптимальных сроков проведения конкретных мероприятий технического обслуживания и ремонта подвижного состава. Платформа T&IMP обеспечит возможность сбора, анализа и доставки информации на рабочие места дежурных операторов, находящихся в ПТО. Разработанный формат TAF TSI и TAP TSI по стандарту X-509 может использоваться в качестве интерфейса для обеспечения автоматического обмена оперативной информацией между компьютеризованным пунктом работа-осмотрщика вагонов и оператором АРМа ПТО.

В настоящее время железные дороги ряда стран уделяют повышенное внимание внедрению роботизированных технологий технического осмотра и ремонта подвижного состава. Осмотр вагонов является важнейшим элементом для обеспечения безопасности перевозочного процесса. Актуальной проблемой остается обслуживание и предрейсовый осмотр составов грузовых вагонов.

Внедрение роботов для осмотра ходовой части вагона обеспечит более быстрое выявление и локализацию дефектов. 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-осмотрщика 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; Mil-Std питание; зарядное устройство с двумя пакетами 24V батарей; антенна робота KIT, включая штатив.

Особенностями данного робота являются: порт для дополнительного зондирования и обнаружения устройств, допускающий одновременное использование нескольких функций; телескопическая и шарнирная «рука» с 6 осями движения; три стандартные видеокamеры и инфракрасный излучатель для работы в условиях недостаточной освещенности; регулирование скорости движения робототехнической платформы; возможность многократного увеличения изображений видеокamер и аудиозапись сообщений осмотрщика. Дисплей пульта имеет характеристики: 39.6 см (15.6") Full HD 1080p 1920x1080 800 NIT, что позволяет использовать его даже при солнечном освещении. Пульт соответствует IP65, MIL-STD 810G, MIL-STD-461F, ANSI/ISA 12.12.01.

С помощью видеокamер высокого разрешения, установленных на манипуляторе, данная модель позволит осмотрщику определить дефекты тормозных колодок, боковых рам тележек, букс, центрального рессорного подвешивания, гасителей колебаний, подпятников, буксового рессорного подвешивания. 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. Находит применение лазерный штихмас для контроля расстояния между гребнями колес вагонной оси.

Особое внимание стоит уделить дополнению платформы цифровыми камерами Vanguard Infrared. Установка на гибкий, дистанционно управляемый кронштейн таких инфракрасных камер повысит качество осмотра ходовой части в труднодоступных местах, особенно в условиях недостаточной освещенности.

В целях расширения диагностических функций в конструкцию робота добавлен магнитопорошковый 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.

Специально разработанные алгоритмы управления манипулятором позволяют обнаруживать и классифицировать дефекты в недоступных для осмотра местах. Благодаря этому измеряемые сигналы могут быть преобразованы в полезную информацию без выкатки тележек.

Посредством монтажа нескольких консолей на одной платформе очередность действий осмотрщика 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 автосцепных устройствах, проверка исправности рычажной тормозной системы и воздухораспределителей. Следует отметить, что робот-осмотрщик позволяет осуществлять как мониторинг технического состояния отдельных узлов и деталей грузовых вагонов, так и собирать информацию о выявленных дефектах в автоматическом режиме, с передачей данных результатов контроля в ПТО в режиме онлайн. Цифровизация позволяет осуществлять разработку управляющих программ для роботов-осмотрщиков. При этом процесс отрабатывается не на физических вагонах, а на виртуальных (электронных) эталонах дефектов, что минимизирует риски поломки оборудования и обнаружения бракованных деталей. Создание на основе технологии Интернета вещей (Internet of Things, IoT) цифровых двойников объектов контроля позволит резко повысить эффективность осмотра и ремонтных работ.

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. Роботизированные 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, когда осуществляется 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.

УДК 656.025.4

## **ПРОБЛЕМАТИКА ПЕРЕВОЗОК СВЕРХНОРМАТИВНЫХ И НЕГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ**

*С. М. ВАСИЛЬЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В последние годы во всем мире наблюдается увеличение количества перевозок изделий, размеры и вес которых считаются превышающими стандартные. В то же время состояние коммуникационной сети становится всё более неудовлетворительным для осуществления перевозки негабаритных грузов. Затруднения в транспортировке связаны как с габаритами, весом так и с размером осевых нагрузок. Причиной проблемных перевозок грузов также является текущая тенденция использования строительных элементов, ограничивающих проезд транспортных средств. Это включает в себя проектирование различных типов перекрестков с круговым движением, сужение дорог и создание лежачих полицейских на сквозных дорогах в населенных пунктах, модификацию дорог для обеспечения безопасной езды на велосипеде и другие подобные мероприятия.

В настоящее время разработана и введена в действие Европейская директива, которая рекомендует всем государствам – членам ЕС построить общеевропейскую сеть коридоров для перевозки негабаритных грузов. Данная инициатива направлена на решение проблемы перевозок в рамках транспортной инфраструктуры городов с точки зрения устойчивости дорожных сетей для обеспечения проезда негабаритных грузов.

Оценка пригодности железнодорожного транспорта для перевозки тяжеловесных и негабаритных грузов чаще всего связана с предельными значениями нагрузки и размера груза. В железнодорожном транспорте, используемом в странах Европейского союза, негабаритным и тяжеловесным считается груз, масса которого превышает 60 т, длина – 14 м (превышает длину стандартной платформы), ширина – 3,25 м, высота – 4 м. Максимально допустимая грузоподъемность, которая может перевозиться по железной дороге, – до 500 т. На данный параметр влияет существующая нагрузка на железнодорожный мост на маршруте. Эти ограничения применяются на большинстве железных дорог, но в некоторых странах, где старая инфраструктура недостаточно улучшена, могут быть более жесткими. Если параметры тяжеловесных и негабаритных грузов не превышают этих пределов, то железнодорожный транспорт является наилучшим вариантом для перевозки грузов на средние и большие расстояния. Стандартный вес груза, перевозимого автомобильным транспортом, – 20–24 т, но железные дороги могли перевозить грузы до 500 т (определяется грузоподъемностью самого большого существующего типа железнодорожных транспортеров).

Особое внимание при планировании перевозки уделяется устойчивой, безопасной и экономичной транспортной инфраструктуре. Критерии, по которым оценивается маршрут и процессы транспортировки тяжеловесных и негабаритных грузов, можно разделить на две группы. Одна из групп критериев имеет временные, а другая – денежные измерения. Такая ситуация позволяет разработать систему, обеспечивающую объективную оценку процессов перевозки тяжеловесных и негабаритных грузов, сравнивая различные виды транспорта, сегменты маршрута и технологии перевозки грузов.