

Список литературы

- 1 Аналіз стану безпеки руху в структурі Державної адміністрації залізничного транспорту України за 2014 рік / Міністерство інфраструктури України. Державна адміністрація залізничного транспорту України. Головне управління безпеки руху. – Київ, 2015.
- 2 Сериков, В. В. Типы личностной надежности операторов подвижных человеко-машинных систем (на примере машинистов локомотивов) : дис. ... канд. псих. наук 19.00.03 / В. В. Сериков. – М., 2018. – 246 с.
- 3 Безугла, О. Р. Аналіз динамічних моделей стану здоров'я машиністів залізничного транспорту за даними проведення періодичних медичних оглядів / О. Р. Безугла, О. М. Очередько // Експериментальна і клінічна медицина [Електронний ресурс]. – 2015. – № 2. – С. 144–149. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/eikm_2015_2_29. – Дата доступу : 22.05.19.
- 4 Харьковлюк-Балакіна, Н. В. Зміни параметрів психофізіологічного потенціалу та працездатності людини при старінні / Н. В. Харьковлюк-Балакіна // Проблеми старения и долголетия, 2016. – № 4(25). – Київ. – С. 507–516.
- 5 Брусенцов, В. Г. Ергономічні основи контролю працездатності залізничних операторів як засобу підвищення надійності їх професійної діяльності : дис. ... д-ра техн. наук 05.01.04. / В. Г. Брусенцов. – Харків, 2013. – 359 с.
- 6 Брусенцов, О. В. Контроль рівня працездатності залізничних операторів як ергономічний засіб зниження виробничих ризиків : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.01.04 / О. В. Брусенцов. – Харків, 2016. – 23 с.

УДК 656.212.5

ТЕХНОЛОГИЯ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ОСНОВЕ ДИСТАНЦИОННОГО АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

В. В. БУРЧЕНКОВ, И. В. АСАДЧИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для решения задач по выполнению требований к повышению безопасности движения поездов с одновременным сокращением эксплуатационных затрат необходимо применение эффективных цифровых систем диагностирования и мониторинга технического состояния подвижного состава на основе новейших технологий, взаимосвязанных в локальные компьютерные сети.

Автоматическое измерение параметров колесных пар подвижного состава на ходу поезда может выполняться с помощью системы автоматического обмера колесных пар Комплекс-2, системы обнаружения дефектов колес по поверхности катания LASCA, системы автоматического обмера колёс АСОК, комплекса технических средств КТСМ-К. Эти системы измерения параметров колесных пар располагаются, в основном, перед пунктами технического обслуживания ПТО крупных узловых станций и не обеспечивают непрерывный контроль подвижного состава в процессе движения, что является существенным недостатком указанных систем.

В настоящее время железные дороги ряда стран уделяют повышенное внимание внедрению технологий мониторинга, основанных на распределенных виртуальных акустических датчиках в оптоволокне. В волоконно-оптический кабель передаются световые импульсы высокой частоты с последующей оценкой отраженного сигнала. На длину отраженной волны оказывает влияние любая вариация физических или механических параметров брэгговской решетки. Это значит, что волоконные решетки Брэгга можно использовать для измерений таких физических величин, как давление, ускорение, смещение и т. п. Применение технических решений на основе волоконной брэгговской решетки FBG (Fibre Bragg Grating) подтвердило принципиальную пригодность оптоволоконных технологий для мониторинга технического состояния подвижного состава.

Принцип распределенного акустического зондирования DAS (Distributed Acoustic Sensing) основан на выявлении изменений в отражениях высокочастотных световых сигналов, посылаемых в кабель лазером. Эти изменения обусловлены воздействием на кабель внешних акустических сигналов низкой частоты. При этом волокно фактически преобразуется в набор виртуальных микрофонов, размещенных в кабеле. Амплитуда отраженного сигнала зависит от времени, прошедшего с момента отправки световых импульсов, что позволяет сделать выводы о физических изменениях в определенных участках оптического волокна и расстоянии от начала кабеля до места этих воздействий. Эти изменения обусловлены корпусным шумом и физическими вибрациями вблизи волоконно-оптического кабеля. Специально разработанные алгоритмы позволяют классифицировать причины изменений, основываясь на выделении обратного рассеяния из отраженного сигнала. Благодаря этому измеряемые сигнатуры могут быть преобразованы в полезную информацию.

На основе технологии DAS фирмой Frauscher Sensortechnik GmbH (AUSTRIA) разработана система акустического зондирования FAS (Frauscher Acoustic Sensing). Структурная схема FAS состо-

ит: из оптоволоконного кабеля (Optical Fibre), уложенного вдоль пути (Track); оптического блока (OPTI unit), посылающего лазерные импульсы в оптоволокно и измеряющего сигналы обратного рассеяния; блока обработки (PROC unit), преобразующего сигналы в спектры мощности и классифицирующего зарегистрированные события; прикладного блока (APPL unit), определяющего координаты места события и передающего информационные пакеты в пользовательский интерфейс для отображения информации на мониторе (DISP unit).

Посредством технологии DAS любое одномодовое волокно волоконно-оптического кабеля преобразуется в серию последовательно расположенных виртуальных микрофонов. Для этого необходимо выполнить минимальные технические мероприятия по концам оптического волокна. Поскольку вдоль железнодорожных линий зачастую уже проложены волоконно-оптические кабели, появляется возможность непрерывного слежения за движением поездов, мониторинга пути и технического состояния подвижного состава.

В режиме мониторинга технического состояния подвижного состава осуществляется непрерывный контроль излома оси колесной пары, осевой шейки или колеса, контроль дефектов поверхности катания колёс подвижного состава, фиксации изломов боковой рамы вагонной тележки, фиксации трещин в рельсах. Система FAS позволяет измерять скорость движения поезда и осуществлять взвешивание вагонов на ходу поезда.

Следует отметить, что система FAS позволяет осуществлять как мониторинг технического состояния подвижного состава, так и контроль состояния компонентов пути: рельсов, рельсовых креплений, балластных подушек. Имеется опыт применения системы для контроля в целом железнодорожных путей и области вокруг них. Это относится и к изломам рельсов, которые представляют один из основных рисков для аварий на железнодорожном пути.

Определение порядкового номера вагона с дефектной колёсной парой и номера оси в вагоне возможно при использовании отметчиков прохода колёс (датчиков колёс подвижного состава). В отличие от рельсовых цепей, непосредственно устанавливающих свободность или занятость участка пути, система счета осей конкретизирует сведения о контролируемом подвижном составе. 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. Совместное действие системы FAS, регистрирующей расположение поезда на конкретном пути и системы регистрации прохода колёс, реализуют выполнение необходимых условий обеспечения безопасности движения поездов. Благодаря объединению и совмещению данных из системы FAS и системы счета осей в поезде реализуется возможность конкретной локализации вагонной оси с дефектом на поверхности катания колеса.

Пространственное разрешение чувствительных элементов оптического волокна может быть равным приблизительно 10 м и при непрерывной длине волокна порядка 40 км реализует примерно 4000 независимых акустических датчиков, размещенных вдоль 40 км железнодорожной линии. Это может обеспечить фактически непрерывный мониторинг всего 40-километрового участка пути.

Интегрированная обработка результатов измерений при движении поезда позволяет определять величины ползунов с погрешностью до 0,2 мм. Характерной особенностью этих измерений является повышение точности по мере движения поезда. Распределение цифровых показателей дефектов колёс в виде ползунов по классам неисправностей состоит из трех групп: разрешена эксплуатация вагона при величине ползуна от 0 до 0,5 мм; условно допустимая эксплуатация вагона с остановкой на ближайшей станции – при величине ползуна от 0,5 до 1,0 мм; немедленное исключение вагона из эксплуатации – при величине ползуна более 1,0 мм. Эти показатели точности измерений превышают аналогичные, установленные для аппаратуры комплекса технических средств КТСМ-К. Результаты полученной и обработанной информации служат основой планирования и реализации мероприятий для устранения выявленных дефектов в проконтролированных поездах. Это открывает широкие перспективы для роста эффективности контроля технического состояния подвижного состава и инфраструктуры железнодорожных линий. Актуально получение и использование информации о количестве выявленных дефектных осей, ползунах, изломах рельсов и боковых рам вагонных тележек, сходе подвижного состава и другой диагностике. Последние два дефекта представляют основной риск аварий на железнодорожном транспорте.

Заключение. Достоинством предложенной системы является многократное непрерывное измерение дефектов подвижного состава, в отличие от эксплуатируемых устройств и систем диагностики, осуществляющих однократное измерение в дискретных точках размещения этих систем. Один

кабельный оптоволоконный распределенный акустический сенсор заменяет собой тысячи точечных датчиков и снижает потребность в отдельных системах для мониторинга технического состояния подвижного состава.

Существенно повышается безопасность движения в режиме реального времени за счет точного определения местоположения событий, влияющих на волоконно-оптический кабель, который уложен вдоль железнодорожной линии.

Использование системы распределенного акустического зондирования обеспечивает немедленное обнаружение излома боковых рам вагонных тележек, который относится к наиболее опасному дефекту, приводящему к сходу подвижного состава с рельсов.

УДК 656.216.22

МЕРЫ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

С. М. ВАСИЛЬЕВ, А. В. ПИЩИК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Обеспечение безопасности движения на железнодорожных переездах является одним из основополагающих моментов в обеспечении безопасности движения поездов в целом по дороге. Несмотря на принимаемые меры, в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) на железнодорожных переездах по-прежнему гибнет и получает увечья большое количество участников дорожного движения. Практически все аварии происходят из-за невыполнения правил дорожного движения, таких как обязательная остановка перед переездом, а также запрещающим сигналом светофора или закрытым шлагбаумом. Всего на Белорусской железной дороге (БЖД) сегодня эксплуатируется 1750 железнодорожных переездов, 1406 из них – регулируемые, 83 переезда – с дежурным работником. Ежегодно БЖД осуществляет их комиссионное обследование с целью выявления и последующего устранения недостатков [1].

Железнодорожные переезды являются местом совмещения двух транспортных потоков. Общественная безопасность движущихся единиц на переезде обеспечивается благодаря надежному функционированию средств регулирования движения и соблюдению принципа абсолютного приоритета железнодорожных транспортных средств по отношению к автодорожным [2].

Несмотря на проводимые БЖД и Государственной автомобильной инспекцией Министерства внутренних дел Республики Беларусь комплексные мероприятия по профилактике ДТП на железнодорожных переездах, коренного улучшения в сфере безопасности движения на переездах не происходит.

Для понятия причинно-следственной связи по причинам возникновения ДТП на железнодорожных переездах необходимо отметить, что на БЖД используется два типа железнодорожных переездов:

- регулируемые (оборудованные устройствами переездной сигнализации, предупреждающей водителей о приближении поезда и обслуживаемые дежурным работником);
- нерегулируемые (не оборудованные устройствами переездной сигнализации и не обслуживаемые дежурным работником).

Несмотря на очевидное преимущество в вопросе обеспечения БДП регулируемых переездов, на них тоже происходят ДТП с участием автомобильного транспорта. На нерегулируемых переездах обеспечение безопасности движения возлагается на участников автомобильного (водители автотранспорта) и железнодорожного (локомотивные бригады) транспорта.

Последствиями ДТП на железнодорожных переездах являются:

- травмирование (гибель) водителей и пассажиров автотранспортного средства;
- травмирование (гибель) локомотивной бригады;
- повреждение подвижного состава, особенно тягового (в объеме различных видов ремонта, вплоть до исключения);