

УДК 534.86

ОПЕРАТИВНАЯ ДИАГНОСТИКА ПОВЕРХНОСТЕЙ КАТАНИЯ ВАГОННЫХ КОЛЕС

© 2014 С.С. Шмыров¹, А.А. Минаев¹, А.В. Скользнев¹, И.Д. Ибатуллин¹,
А.В. Иващенко²

¹ Самарский государственный технический университет

² Самарский филиал научно-исследовательского института радио

Поступила в редакцию 26.03.2014

Приведено описание акустикоэмиссионной диагностической системы, позволяющей оперативно выявлять дефекты на поверхности катания вагонных колес. Показаны достоинства применения мультиагентной системы сбора данных.

Ключевые слова: *акустическая эмиссия, спектр, колесо, диагностика*

В стратегической программе «Обеспечение устойчивого взаимодействия в системе «колесо-рельс» большое внимание уделяется безопасности перевозок на железнодорожном транспорте. Для этого в числе прочего намечено создание бортовых диагностических средств оценки состояния подвижного состава, и в качестве приоритетных отмечены акустические методы контроля. Известно, что при эксплуатации колесных пар на поверхностях катания не допускаются ползуны глубиной более 1 мм, выщербины глубиной более 10 мм или длиной более 25 мм (для пассажирских вагонов), навары более 0,5 мм, трещины и др. дефекты. Для их оперативного выявления в процессе эксплуатации вагонов в СамГТУ разрабатывается диагностический акустикоэмиссионный комплекс, основанный на том, что процесс трения о неровную поверхность является мощным генератором акустической эмиссии. Как правило, с увеличением скорости относительного перемещения при трении и ростом нагрузки на контакт наблюдается значительный рост амплитуды акустической эмиссии. Этот принцип был положен в основу создания пьезоэлектрических профилометров, первый из которых в нашей стране был создан 68 лет назад в ЛИТМО.

Для того чтобы применить акустикоэмиссионный метод оперативной оценки качества поверхностей катания вагонных колес возникла необходимость решения следующих задач.

Шмыров Сергей Сергеевич, аспирант
Минаев Антон Андреевич, аспирант
Скользнев Антон Вячеславович, аспирант
Ибатуллин Ильдар Дугласович, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения». E-mail: tribo@rambler.ru
Иващенко Антон Владимирович, доктор технических наук, профессор. E-mail: anton.ivashenko@gmail.com

Во-первых, щуп при сканировании поверхности не должен ее деформировать (царапать), поэтому он изготавливается из материала менее твердого (и менее износостойкого). Во-вторых, необходимо обеспечить непрерывный контакт щупа при высоких скоростях скольжения, для чего можно увеличить силу прижатия щупа и/или уменьшить его массу. Однако нагружение щупа – неэффективный путь обеспечения чувствительности датчика, поскольку приводит к быстрому изнашиванию щупа. В-третьих, диагностика должна вестись по всей ширине поверхности катания, что для обычных щуповых методов является сложной задачей. В-четвертых, средства диагностики должны легко интегрироваться в существующие конструкции вагонных тележек и быть простыми, надежными и в то же время современными и наукоемкими.

Для решения данных проблем было предложено использовать в качестве щупа металлическую щетку с мягким стальным или латунным ворсом (проволокой диаметром 0,15 мм). Ширина и профиль ворса щетки выбирается в соответствии с профилем и шириной поверхности катания вагонных колес. При этом широкий ряд равномерно распределенных проволок образует плоский зонд. Сила прижатия щетки выбирается небольшой (до 5 Н). При этом в условиях смазывания колес скорость изнашивания ворса не превышает допустимой величины. Для преобразования сигналов акустической эмиссии в электрический сигнал использовали миниатюрный пьезоэлемент PKGS-00LD, приклеенный к обратной стороне щетки. Каждая проволока играет роль щупа, сканирующего поверхность. Попадание даже одной или нескольких проволок на дефектный участок отразится на общем фоне регистрируемого сигнала.

Для выявления чувствительности акустикоэмиссионного датчика проведены экспериментальные исследования с использованием цилиндрических образцов с различным состоянием поверхности, включая: 1) образец с шероховатостью $Ra=10$ мкм, соответствующей поверхности новых колес; 2) образец с выщербинами до 1 мм (допустимый дефект); 3) образец, аналогичный предыдущему, но имеющий единичный дефект, моделирующий поперечную трещину глубиной 1 мм, оставленный остро заточенным зубилом. Диаметр образцов составлял 25 мм. Частота вращения 950 мин^{-1} , что соответствует линейной скорости около 4,5 км/час.

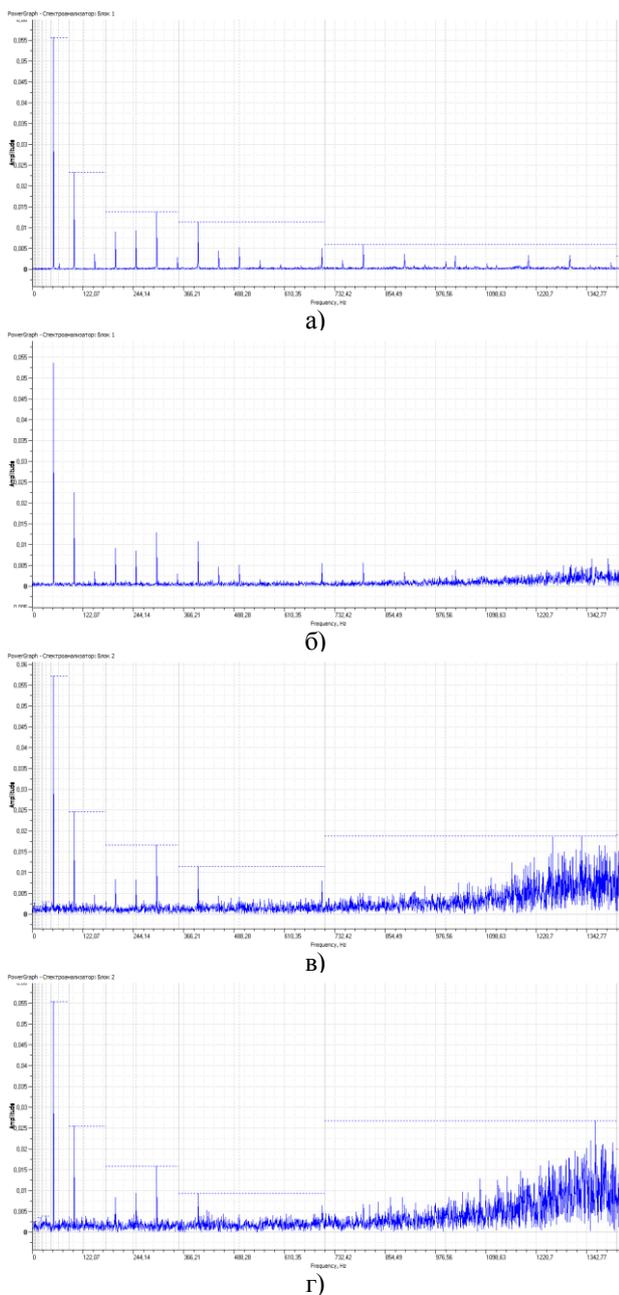


Рис. 1. Спектр сигналов АЭ: а) до соприкосновения зонда с поверхностью; б) на неповрежденной поверхности; в) на поверхности, поврежденной в допустимых пределах; г) на поверхности с критическим дефектом

При испытаниях оценивали спектр полученного сигнала (см. рис. 1-3). В полученных спектрах наиболее заметные отличия видны не в области частот вращения образца, а в области более высоких частот, близких к 1350 Гц, соответствующих частоте столкновений ворсинок зонда с выступами неровностей.

В качестве системы сбора и обработки измерительных данных предложено использовать распределенную мультиагентную беспроводную сеть датчиков. Каждый датчик-агент состоит из следующих конструктивных модулей: первичный преобразователь; согласующий усилитель; аналого-цифровой преобразователь; управляющий микроконтроллер; модуль беспроводной передачи данных. Структурная схема датчика-агента беспроводной технологии сбора и обработки данных диагностики представлена на рис. 2.

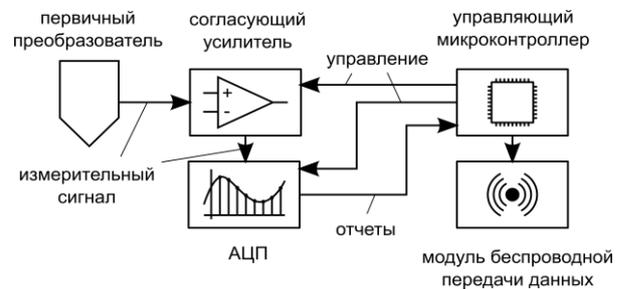


Рис. 2. Структурная схема датчика-агента беспроводной технологии сбора и обработки данных диагностики

Поступающий с первичного преобразователя измерительный сигнал, проходя через согласующий усилитель, поступает на аналого-цифровой преобразователь. Коэффициент усиления согласующего усилителя и частота дискретизации сигнала управляется с микроконтроллера. Микроконтроллер собирает дискретные временные отчеты сигнала с аналого-цифрового преобразователя и обрабатывает их. Для обеспечения связи датчика-агента в пределах системы сбора и обработки используется модуль беспроводной передачи данных. Предполагается организация с помощью модулей беспроводной связи ячеистой топологии взаимодействия между структурными составляющими системы, что обеспечит значительное увеличение максимального расстояния передачи данных и обеспечит внутри сети связь типа «каждый-с-каждым». Датчики-агенты, использующие беспроводную связь для информационного взаимодействия, позволят значительно упростить внедрение рассматриваемой технологии в эксплуатацию по причине отсутствия необходимости монтажа проводной инфраструктуры, охватывающей все узлы сбора данных.

Описываемая технология диагностики железнодорожного состава осуществляет сбор и

обработку множество измерительных потоков, которые находятся в определенной взаимосвязи друг с другом. Так, например, частотные характеристики сигналов, получаемые с колес платформы, имеют составляющие, которые определяются не только качественными характеристиками этих колес, но и профилем железнодорожного полотна, вибрациями силовой установки, амортизацией платформы и многих других факторов. Таким образом, существует необходимость проведения совокупного анализа измеряемых параметров. В этом случае при осуществлении обработки информации на центральном узле необходимо организовать непрерывную передачу измерительных временных отчетов от датчиков-агентов к системе обработки. Однако при использовании беспроводной связи в качестве средства передачи потоков данных возникает проблема ограниченности количества каналов беспроводных протоколов, которых обычно несколько десятков. В связи с этим предлагается использовать мультиагентный принцип обработки данных, при котором диагностические информационные потоки обрабатываются внутри среды датчиков-агентов путем их взаимодействия между собой. В результате обработки данных каждый датчик-агент получает агрегированную информацию о состоянии механизмов, которая при помощи определенных заранее паттернов наделяется конкретной величиной значимости. Описываемые паттерны представляют собой структуру, определяющую методы агрегирования и взаимного анализа диагностических данных, а также зависимость степени значимости от их конкретных значений. Степень значимости результатов обработки определяет необходимость журналирования на сервере и/или оповещения управляющего персонала.

Исходя из проведения совокупного анализа диагностических параметров предполагается обмен между датчиками-агентами агрегированной информацией, выделенной ими в результате обработки временных отчетов. Для осуществления

данного обмена в интерфейсе взаимодействия датчиков-агентов предусмотрен инструментарий для публикации сервисов агрегирования данных, а также их использования. Через сервисы агрегирования данных датчики-агенты имеют возможность запросить информацию, необходимую для комплексного анализа показателей в соответствии с обрабатываемым паттерном. Информационно-логическая модель мультиагентной технологии сбора и обработки данных представлена на рис. 3. Вышеописанная технология решает задачи сбора и обработки данных диагностики с использованием мультиагентной сети датчиков.

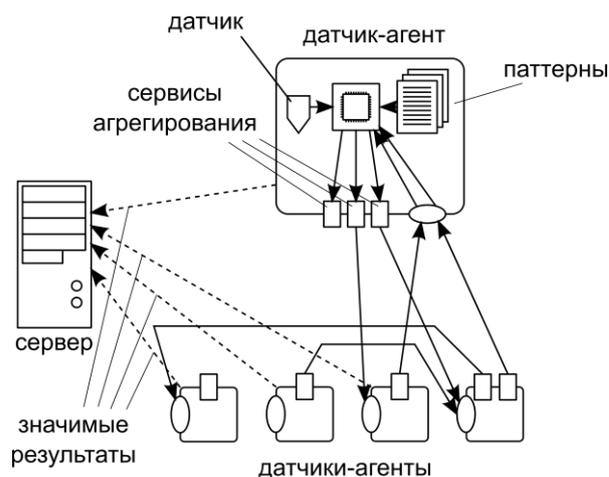


Рис. 3. Информационно-логическая модель мультиагентной технологии сбора и обработки данных

Выводы: предложена акустоэмиссионная система бортовой диагностики качества поверхности катания вагонных колес с мультиагентной сетью датчиков. Показано, что применение в качестве зонда металлической щетки позволяет при скоростях скольжения выше 1 м/с четко выявлять дефекты на поверхности катания.

OPERATIONAL DIAGNOSTICS OF DRIVING CARRIAGE WHEELS SURFACES

© 2014 S.S. Shmyrov¹, A.A. Minayev¹, A.V. Skolznev¹, I.D. Ibatullin¹, A.V. Ivashchenko²

¹ Samara State Technical University

² Radio Scientific Research Institute – Samara branch

The description of the acoustic emission diagnostic system, allowing quickly to reveal defects on a surface of driving carriage wheels is provided. Advantages of use the multiagent system of data collection are shown.

Key words: *acoustic emission, spectrum, wheel, diagnostics*

Sergey Shmyrov, Post-graduate Student; Anton Minaev, Post-graduate Student; Anton Skolznev, Post-graduate Student; Ildar Ibatullin, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department "Technology of Mechanical Engineering". E-mail: tribo@rambler.ru; Anton Ivashchenko, Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: anton.ivashenko@gmail.com