



Ковалев Юрий Леонидович родился в 1948 г. В 1971 г. окончил Новосибирский электротехнический институт (инженер электронной техники). Руководитель отдела автоматизации научных исследований и образовательных технологий.

Сфера научных интересов: автоматизация научных исследований с применением технологии виртуальных инструментов, проблемы вибродиагностики дефектности колесных пар подвижного состава в процессе его движения. Имеет более десяти научных статей.

УДК 681.518.54:629.4.027.11

А.Л. ИСАКОВ, Ю.Л. КОВАЛЕВ

О СИСТЕМЕ ДИАГНОСТИКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ КАТАНИЯ КОЛЕСНЫХ ПАР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕКТРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВ

В статье представлен подход к диагностике поверхностей катания колесных пар, заключающийся в получении спектральных образов динамических взаимодействий каждого колеса с рельсом и последующем их анализе.

Безопасность движения на железных дорогах в первую очередь определяется исправностью подвижного состава. По статистике первым в списке элементов подвижного состава, подверженных неисправностям, стоит колесная пара.

Проблема диагностики колесных пар подвижного состава не нова и в настоящее время существует множество подходов к ее решению, с успехом реализованных на практике [1, 2]. Тем не менее вопрос об оперативном и дифференцированном подходе к обнаружению дефектов колесных пар в процессе движения до сих пор остается открытым.

В предлагаемом подходе [3] сделана попытка совместить в себе оперативное обнаружение дефектов, имеющих на поверхности катания колеса, с возможностью их предварительной дифференциации по характеру и размерам, а также возможных неисправностей буксового узла, проявляющихся в возникновении аномальной вибрации.

Суть способа заключается в получении спектральных образов динамических взаимодействий каждого колеса с рельсом и последующем их анализе по 1/3-октавным полосам частотного диапазона от 10 до 500 Гц.

Для реализации данного способа на рельсе по длине разворота колеса крепятся датчики-акселерометры, связанные через аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с компьютером. В процессе движения поезда с каждого акселерометра «снимаются» импульсные сигналы виброускорений, генерируемые прохождением колес подвижного состава. После идентификации записанных сигналов на соответствие колесным парам выполняется процедура построения спектральных образов динамических взаимодействий каждого колеса с рельсом, заключающаяся в разложении полученных сигналов виброускорений по 1/3-октавным частотным полосам.

Все операции по регистрации импульсных сигналов виброускорений, их последующей идентификации, спектрального анализа и выдачи заключения о наличии дефектов выполняются комплексом оборудования под управлением

специализированного программного обеспечения, разработанного с использованием National Instruments LabVIEW.

Приборно-измерительная схема комплекса представлена на рис. 1.

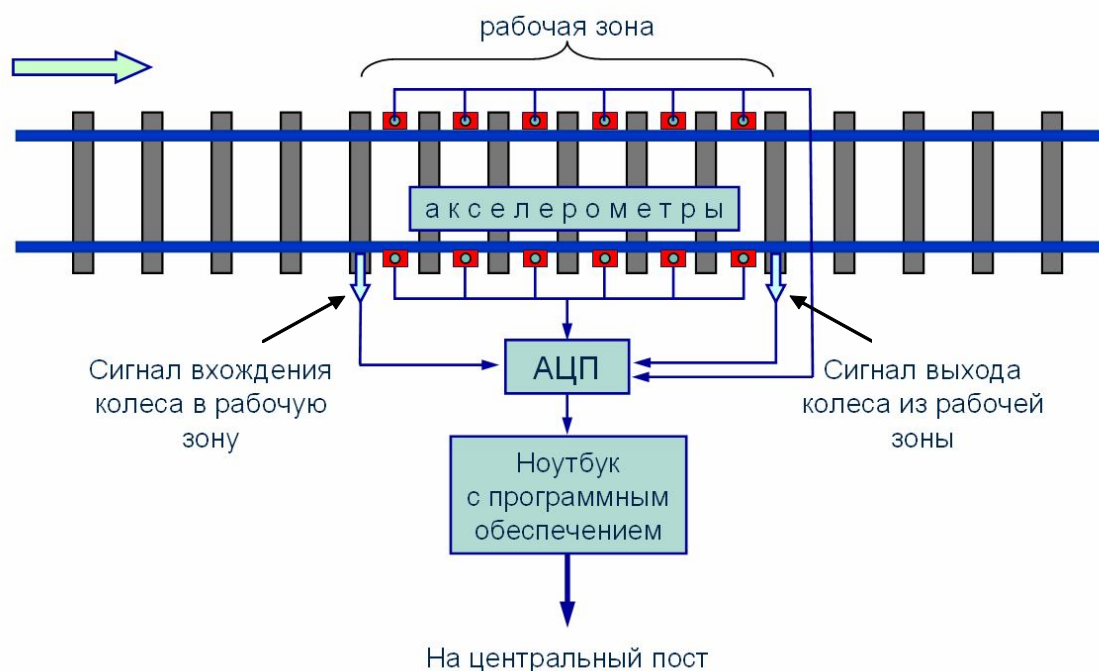


Рис. 1. Приборно-измерительная схема комплекса

В качестве датчиков-акселерометров в тестовых замерах были использованы акселерометры фирмы Briel & Kjaer. Способ установки датчиков-акселерометров на рельс при проведении экспериментальных исследований в процессе разработки данного способа диагностики дефектности колесных пар представлен на рис. 2.



Рис. 2. Акселерометр в рабочем положении

В качестве АЦП были использованы внешние (интерфейс USB) 14-разрядные АЦП модели E-440 производства фирмы L-Card (Россия), имеющие 16 дифференциальных каналов (или 32 канала с общей «землей») с максимальной частотой преобразования 400 кГц.

Один из элементов внешнего вида интерфейса программного обеспечения измерительного комплекса представлен на рис. 3.

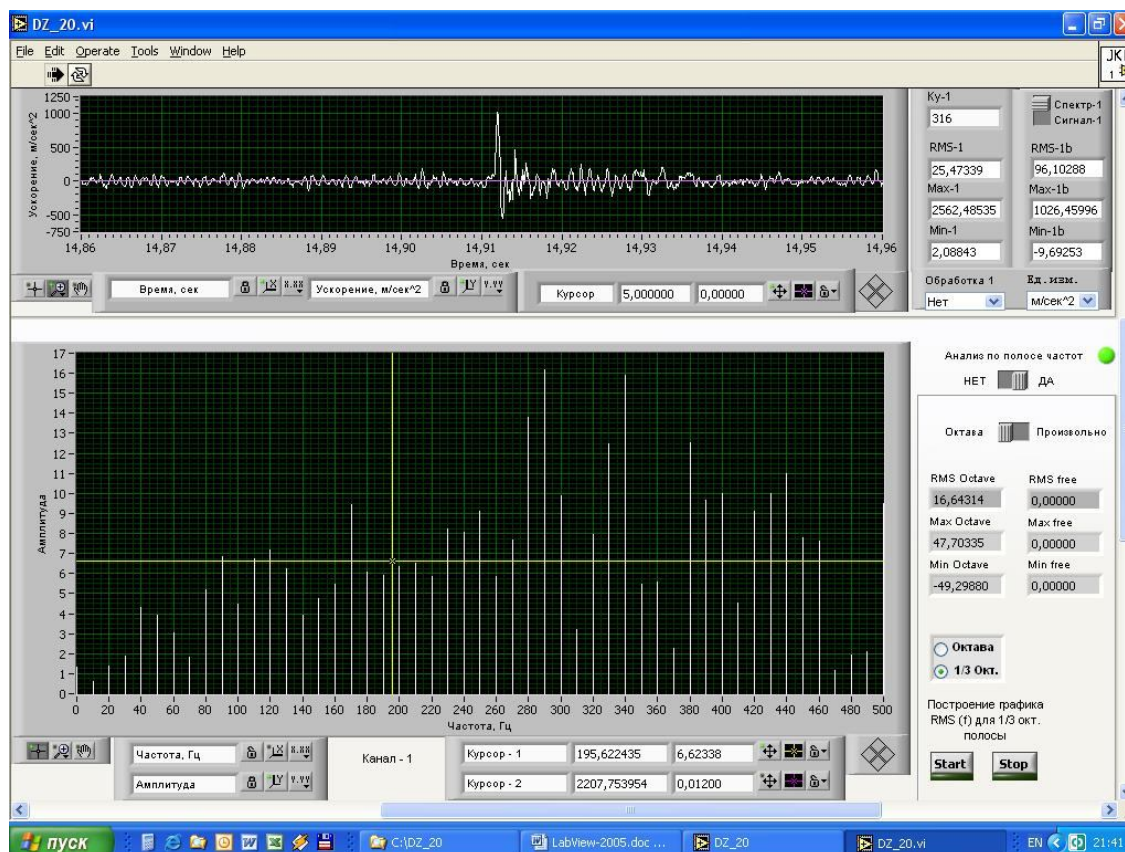


Рис. 3. Интерфейс программного обеспечения измерительного комплекса LabVIEW

Примеры осциллограмм ускорений вибросигналов взаимодействия четырех колес экспериментального вагона с рельсом представлены на рис. 4. На рис. 4, а приведена реальная осциллограмма без компьютерной обработки. На рис. 4, б показан результат компьютерной обработки той же осциллограммы с применением 1/3-октавного частотного фильтра с базовой частотой 200 Гц. Это значит, что в обработанной таким образом осциллограмме остались частоты только в диапазоне от 178 до 224 Гц.

Как явствует из рис. 4, б, путем такой процедуры можно выделить сигналы, характеризующие контактное взаимодействие дефектов на поверхности катания колеса с рельсом или констатировать отсутствие подобных дефектов (4-е колесо).

Таким образом, данный пример наглядно демонстрирует эффективность применения технологии фильтрации исходного сигнала с целью выделения информативной составляющей.

В вышеописанном случае исходный сигнал был проанализирован с использованием лишь одного 1/3-октавного фильтра с базовой частотой 200 Гц. Для получения полной картины необходим детальный анализ исходного сигнала в широком диапазоне частот, например от 0 до 500 Гц.

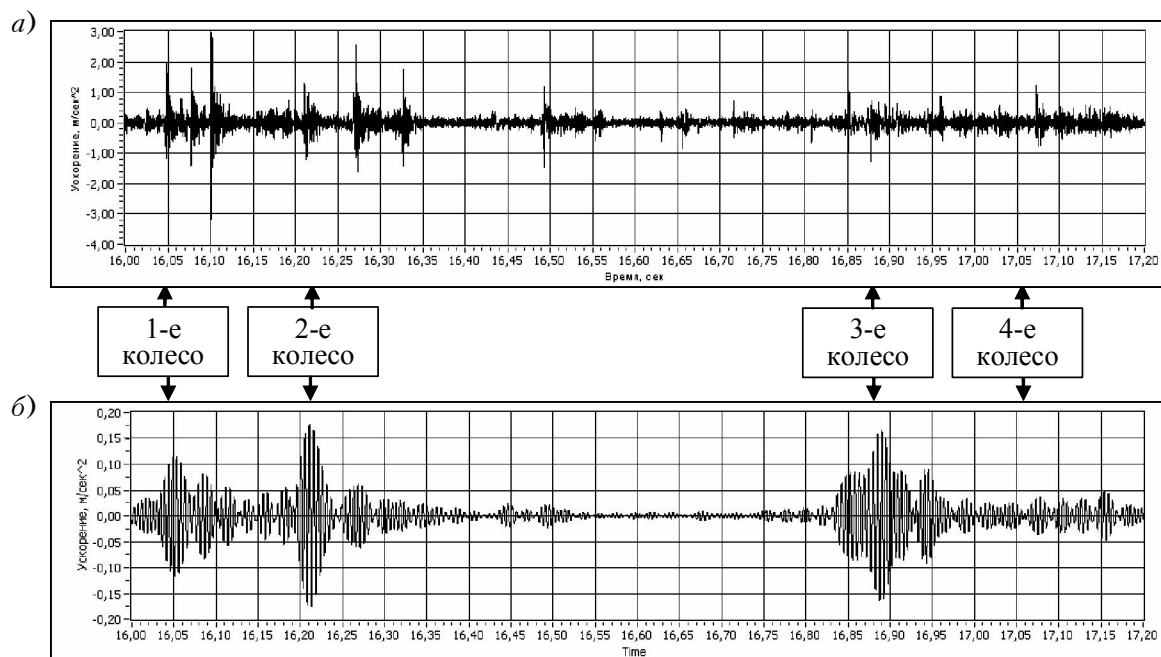


Рис. 4. Примеры осциллограмм ускорений вибросигналов, полученных без фильтра и с помощью 1/3-октавного частотного фильтра с базовой частотой 200 Гц

Введем понятие «RMS-спектральный образ» сигнала. Под RMS-спектральным образом будем понимать непрерывную функцию среднеквадратичных значений амплитуд (RMS) 1/3-октавных полос спектрального разложения исходного сигнала от базовых частот 1/3-октавных полос.

Примеры полученных таким путем RMS-спектральных образов вибросигналов для четырех колес экспериментального вагона представлены на рис. 5.

В представленных осциллограммах сигнал 4 и соответствующий RMS-спектральный образ (4а) относятся к колесу, не имеющему дефектов на поверхности катания. Другие сигналы на рис. 5 (1, 2, 3) и соответствующие им RMS-спектральные образы вибросигналов (1а, 2а, 3а) относятся к дефектным колесам.

На рис. 6 для наглядного сопоставления сведены все четыре спектральных образа контактного взаимодействия колес с рельсом, описывающие дефекты с различными качественными и количественными показателями. Как было отмечено ранее, один из приведенных «образов» (4-е колесо) характеризует «бездефектный» контакт колеса с рельсом.

Имея статистический паспорт дефектов колесных пар, представленный в виде RMS-спектральных образов (непрерывного разложения сигнала виброускорений по 1/3-октавным полосам), можно с весьма высокой степенью достоверности оперативно получать информацию о характере имеющихся у колесных пар дефектах на поверхностях катания и степени опасности аварийных ситуаций.

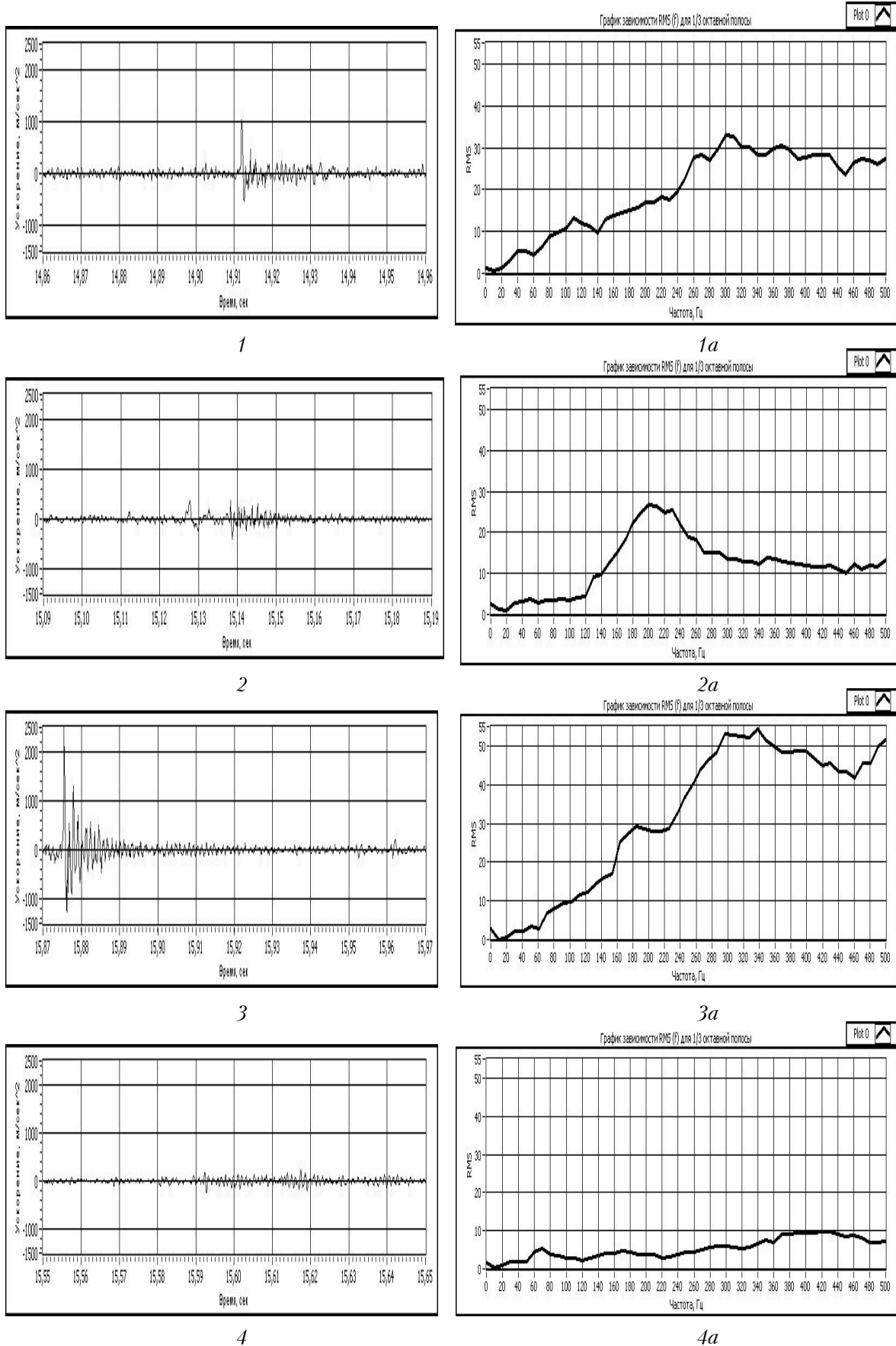


Рис. 5. Осциллограммы ускорений (1–4) и соответствующие им RMS-спектральные образы вибросигналов (1а–4а) для четырех колес экспериментального вагона

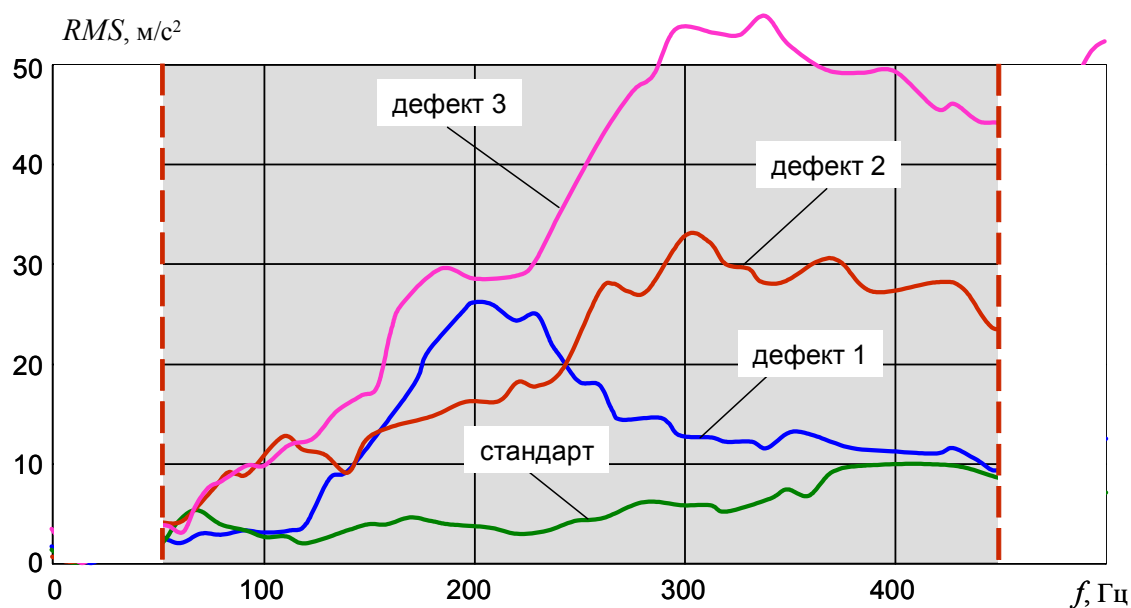


Рис. 6. Сравнительная картина RMS-спектральных образов вибросигналов

Как следствие, данный способ дает возможность дистанционно проводить отбраковку колесных пар подвижного состава в соответствии с техническими требованиями, изложенными в Правилах технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации и Инструкции К-2273-у по содержанию колесных пар. Важно отметить, что при этом анализируется техническое состояние всех колесных пар подвижного состава, проходящего через контрольный участок железнодорожного пути. При достаточном количестве таких контрольных участков может быть реализована система непрерывного контроля технического состояния колесных пар подвижного состава по всей сети Российских железных дорог (РЖД). В сочетании с имеющимися в РЖД автоматизированными системами учета подвижного состава и графиков исполненного движения, становится возможным проведение расширенного анализа полученной таким образом информации с целью выявления причин и мест возникновения и ускоренного развития дефектов колесных пар [4], прогнозирования сроков их эксплуатации и планирования ремонта подвижного состава.

Литература

1. *Напольные* детекторы неисправностей подвижного состава // Железные дороги мира. 2000. № 7.
2. *Обнаружение* некруглости колес // Железные дороги мира. 2003. № 8. С. 64–68.
3. Исаков А.Л., Ковалев Ю.Л. О вибродиагностике дефектности колесных пар подвижного состава // Тр. междунар. науч.-практ. конф. «Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments». М., 2005.
4. Телеграмма ОАО «РЖД» № ВГ-5456 от 20 мая 2005 г. (О мерах по выполнению технологии роспуска вагонов на сортировочных горках станций и недопущению повреждений грузовых вагонов).