

факторов, сильнее влияющих на расход топлива. Чтобы выявить влияние технической скорости, исключив влияние остальных факторами, желательно иметь данные о поездках, в которых менялась только техническая скорость, а все остальные факторы оставались бы неизменными. Это можно достичь, моделируя поездки с помощью тяговых расчетов. По результатам таких вычислений строится поле рассеяния и соответствующая линия тренда для технической скорости. Чтобы получить данные о зависимости удельного расхода топлива на поездку от участковой скорости (коэффициента участковой скорости), следует результаты тяговых расчетов для различных значений технической скорости дополнить данными о количестве и времени стоянок поезда и соответствующем увеличении расходе топлива.

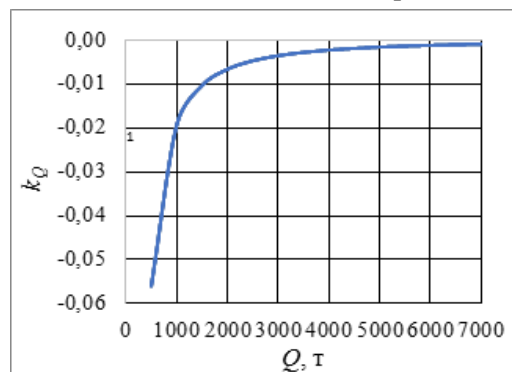


Рисунок 2 – Кривая измерения коэффициента влияния массы состава

Список литературы

- 1 Методика анализа расхода энергоресурсов на тягу поездов (приложение к указанию МПС от 20 июня 1997 г. № В-741у).
- 2 СТП БЧ 17.217–2012. Расчет норм расхода дизельного топлива на тягу поездов для подразделений локомотивного хозяйства Белорусской железной дороги. – Минск : М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, 2012. – 23 с.
- 3 Френкель, С. Я. О неучтённых факторах при нормировании расхода топлива по обобщённым показателям // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2002. – № 2(5). – С. 6–8.
- 4 Френкель, С. Я. Об исследовании эксплуатационных факторов, определяющих расход дизельного топлива магистральными тепловозами / С. Я. Френкель // Совершенствование конструкции и системы обслуживания локомотивов : межвузовский сб. науч.-техн. статей. – СПб. : ПГУПС. – 2003 – С. 67–71.

УДК 620.179.16

АЭ-КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ БУКСОВЫХ ПОДШИПНИКОВ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА В СИСТЕМЕ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО» ГРУЗОВОГО ПОЕЗДА

О. В. ХОЛОДИЛОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. А. МАРКАВЦОВ

Конструкторско-технический центр Белорусской железной дороги, г. Минск

В 2019 г. в Германии и Швейцарии завершились демонстрационные проекты создания инновационных грузовых вагонов. Тогда же сообщество TIS (Technischer Innovationskreis Schienengüterverkehr), объединяющее ряд европейских грузовых операторов и поставщиков железнодорожной техники, опубликовало Белую книгу (White Paper), в которой сформулированы основные задачи, направленные на повышение конкурентоспособности грузовых перевозок. Одна из ключевых задач – создание интеллектуального грузового поезда.

Цифровизация является одним из ключевых факторов, определяющих конкурентоспособность грузовых перевозок. Собственники грузовых вагонов в Европе активно оборудуют их бортовыми телематическими устройствами и разнообразными датчиками, позволяющими отслеживать местоположение каждого вагона, контролировать появление его в определенной зоне или выход из нее, собирать сведения о пробеге, ударных нагрузках, а также получать информацию о состоянии перевозимого груза по данным о температуре, давлении и влажности. В настоящее время идентифицированы четыре интерфейса, требующие стандартизации (рисунок 1) [1].

Наряду со стандартизацией интерфейсов существует еще ряд технологий в сфере цифровизации, унификация которых способна повысить эффективность работы всей отрасли. В частности, современные технологии позволяют регистрировать ударные нагрузки на грузовые вагоны с фиксацией времени и места события. Однако пока данных, позволяющих определить, при каком пороге

вом уровне нагрузки с учетом ее длительности, направления, места воздействия и типа вагона можно надежно зарегистрировать повреждение подвижного состава, недостаточно [2, 3].

Основой формирования технологий цифровой ж. д. является интеграция интеллектуальных коммуникационных технологий между пользователем, транспортным средством, системой управления и инфраструктурой [2, 3]. Грузовые поезда, являясь наиболее массовыми на железнодорожном транспорте, полноценно не участвуют в этом процессе, что значительно снижает возможности цифровизации. Для того чтобы решить этот вопрос, нужны «умные» («интеллектуальные») грузовые поезда.

Одним из направлений, отвечающим концепции цифровизации Белорусской железной дороги и создания «умного» грузового поезда, является развитие таких современных методов диагностирования состояния технических систем, каким является метод акустической эмиссии.

Физическая сущность метода АЭ состоит в регистрации установленными на поверхности конструкции преобразователями акустической эмиссии (ПАЭ) дискретных волн разгрузки, вызванных структурной перестройкой материала при его деформировании и локальном разрушении (пластическая деформация, скачкообразное развитие трещины). Источник АЭ вызывает изменение динамического поля сил (или напряжений). На распространение акустической волны в конструкции влияет взаимодействие с микроструктурой материала, неоднородностями и условием нагружения ОК. Такие структурные изменения происходят в результате образовавшихся внутри либо приложенных извне механических или температурных напряжений. Неразвивающиеся дефекты сигналов АЭ не излучают, поэтому материал конструкции должен быть нагружен до напряжений, достаточных для продвижения трещины. Метод АЭ можно использовать как в статике, так и в динамике, что позволяет проводить безразборный контроль ходовых частей вагонов, в том числе буксовых подшипников тележки грузового вагона на ходу поезда.

Полученную информацию АЭ-системы собирают, обрабатывают и передают по соответствующим цифровым каналам. Данные системы проходят необходимые испытания качества при сборке и отличаются высокой степенью надежности, что позволяет использовать их в самых разнообразных условиях. Современные АЭ-системы способны взаимодействовать с любыми устройствами через протокол Ethernet и осуществлять контроль объектов, длина которых не превышает 5 км.

АЭ-системы имеют ряд достоинств, среди которых:

- быстроедействие (допустимая интенсивность $\geq 15 \cdot 10^3$ событий на канал);
- универсальность применения (система может осуществлять как кратковременный, так и постоянный мониторинг объекта);
- простота работы (ПО, совмещаемое с ОС Windows).

Удобство работы с современными АЭ-системами выражается также и в автоматической оцифровке передаваемой и обрабатываемой информации.

На рисунке 2 приведены схемы зонной (а) и линейной (б) локации систем сбора и обработки данных АЭ-контроля.



Рисунок 1 – Интерфейсы в комплексе телематического оборудования

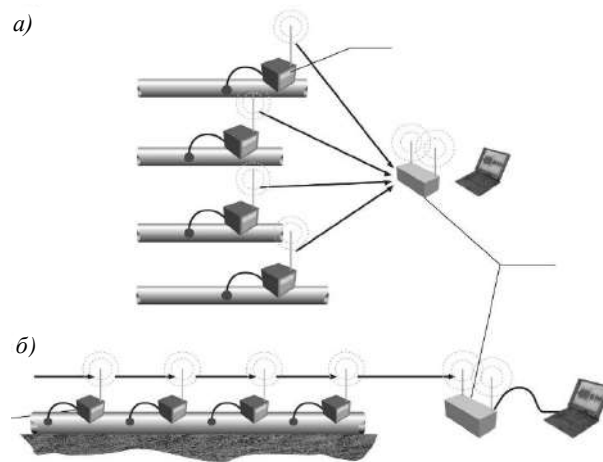


Рисунок 2 – Системы сбора и обработки данных

АЭ диагностическая система с использованием беспроводной связи

Основой данной системы является блок обработки сигнала (БОС), в котором осуществляется усиление АЭ-сигналов, фильтрация, оцифровка при помощи АЦП, цифровая обработка и регистрация параметров сигналов АЭ, их формы и передача этих параметров по радиоканалу в рабочую станцию. БОС с ПАЭ представляет собой полнофункциональный цифровой АЭ-канал с возможностями вычисления всех параметров АЭ-сигнала и регистрации его формы.

Система может работать в двух режимах: в режиме непосредственной передачи сигналов от БОС к МЦПП (модуль центральный приемо-передающий); в «сетевом» режиме, когда БОС передают сигналы к МЦПП по цепи через соседние БОС. Этот режим наиболее подходит для контроля протяженных объектов типа трубопроводов. Обеспечивает прием АЭ-сигналов от ПАЭ, вычисление параметров АЭ-сигналов и передачу данных по радиоканалу. МЦПП предназначен для приема данных с БОС и управления ими.

Преобразователи для АЭ-контроля состояния буксовых подшипников тележки грузового вагона могут являться составляющей одной из систем «интеллектуального» грузового поезда. Предложенная нами схема размещения ПАЭ дает возможность интегрировать систему АЭ-контроля в существующие комплексы телематического оборудования.

Список литературы

- 1 **Ефремов, А. А.** Цель – интеллектуальный грузовой поезд / А. А. Ефремов // Железные дороги мира. – 2020. – № 5. – С. 50–62.
- 2 **Жироухов, Е. И.** «Умный» грузовой поезд / Е. И. Жироухов // Локомотив. – № 10. – 2018. – С. 32–36.
- 3 **Жироухов, Е. И.** «Умный» грузовой вагон: время пришло! / Е. И. Жироухов // Вагоны и вагонное хозяйство. – № 4(56). – 2018. – С. 30–34.

УДК 620.179.16

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ АЭ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ БУКСОВЫХ УЗЛОВ

О. В. ХОЛОДИЛОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. А. МАРКАВЦОВ

Конструкторско-технический центр Белорусской железной дороги, г. Минск

Введение. В настоящее время места установки преобразователей для регистрации акустической эмиссии определяют по результатам трудоемких предварительных экспериментов по определению напряженно-деформированного состояния (НДС) контролируемого узла [1]. Численный конечно-элементный анализ может быть проведен для объектов с различной геометрией с учетом их особенностей и требует меньше временных затрат, при этом позволяет прогнозировать состояние объекта контроля. В связи с этим разработка численных алгоритмов применения конечно-элементного анализа для оценки НДС подшипниковых узлов подвижного состава является актуальной.

Оценка напряженно-деформированного состояния буксового узла

Анализ статического НДС подразумевает, что механическая конструкция подвержена воздействию заданной стабильной статической нагрузки. В случае приложения к ней переменной во времени нагрузки необходимо исследовать динамическое поведение. Для компьютерного моделирования и расчета НДС, кинематики и динамики механических систем наиболее популярными пакетами являются следующие [2, 3]:

а) программы анализа кинематики и динамики систем твердых тел (например, ADAMS, VisualNastran, ANSYS WorkBench, Catia, Working Model и т. п.);

б) программы конечно-элементного анализа для гибких тел (например, ANSYS, Nastran, Patran, ProMechanica, LS-Dyria и т. д.).

Выполнение анализа НДС подшипника и корпуса буксового узла тележки грузового вагона с помощью ANSYS Workbench состоит из следующих основных этапов [3].

1 *Подготовка расчетно-геометрической модели (РГМ)* – геометрической модели буксового узла, созданной для проведения инженерного анализа. РГМ создаем с помощью САД-систем (Autodesk Inventor Professional 2019), затем на ее базе создаем расчетную модель Simulation.