



Центр научно-технической информации и библиотек
– филиал ОАО «РЖД»

Дифференцированное Обеспечение Руководства

124/2023

Направления исследований и разработки в области технологией транспортных средств института RTRI (Япония)

Отдел технологий транспортных средств Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта Японии (RTRI) проводит исследования в области железнодорожных транспортных технологий, направленных на повышение безопасности, экологичности, комфорта и снижение эксплуатационных затрат.

Оценка безопасности эксплуатации

Оценка безопасности схода с рельсов на новой линии или нового типа подвижного состава проводится путем прикрепления тензометрического датчика к специальному колесу, измеряя нагрузки на колесо и боковое усилие и использования коэффициента схода с рельсов. Это крайне сложный способ, поэтому необходим более простой метод оценки безопасности. Другой проблемой традиционного метода измерения является то, что точность измерения бокового усилия может снижаться при смещении пятна контакта в боковом направлении.

Одним из предлагаемых методов является оценка нагрузки на колесо и боковое усилие с использованием данных о движении тележки, которые могут быть измерены инерционными измерительными приборами и датчиками перемещения. Вместо обычного метода, при котором боковое усилие измеряется с использованием деформации изгиба на боковой поверхности колеса, новый метод предполагает уменьшение влияния нагрузки на колесо за счет использования деформации сдвига внутри отверстий для измерения нагрузок на колеса при боковом усилии.

При оценке безопасности движения, коэффициент схода с рельсов может превышать пороговые критерии, но не обязательно ведёт к самому сходу. Новый показатель оценки, который учитывает историю временных рядов коэффициента схода с рельсов, позволяет более точно оценить коэффициент безопасности в случае схода из-за вкатывания гребня колёса на рельс. Также предложен метод оценки схода из-за вкатывания гребня колёса на рельс, который учитывает коэффициент схода с рельсов и величину подъема колеса.

Также разрабатывается новое технологическое оборудование, т.к. для предлагаемого метода непрерывного измерения силы контакта в системе «колесо-рельс», существующее оборудование устарело.

Оценка стабильности движения

При оценке устойчивости транспортного средства при движении на высокой скорости на испытательном стенде проводится тест на выявление скорости появления рыскания. Эмпирически известно, что критическая скорость рыскания может варьироваться в зависимости от режима возбуждения. Результаты оценки влияния разницы в способе возбуждения на критическую скорость движения показали, что существует критическая кривая перемещения, которая выражает взаимосвязь между начальной боковой амплитудой колесных пар после возбуждения и скоростью, приведшей к рысканию. Разрабатывается метод для эффективного получения кривой критического рыскания с помощью анализа.

Продольная вибрация поезда

Усилие, действующее на сцепное устройство между вагонами поезда, является важным параметром выдавливания. Передача продольной вибрации вагона через сцепку также влияет на комфорт езды, поэтому метод численного анализа усилий сцепного устройства был расширен для создания аналитической модели продольного виброускорения вагона при приложении изменяющейся силы тяги при восстановлении сцепления и других факторов. Аналитическая модель может быть использована при проектировании систем контроля тяги с учётом продольной вибрации вагона из-за изменения тяги.

Неразрушающий контроль

Для ультразвуковой дефектоскопии было рассмотрено применение метода ультразвукового контроля с фазированной антенной решеткой, который визуализирует результаты дефектоскопии в виде изображения поперечного сечения. Эффективность была проверена при применении данного метода к стальным листам. Результаты показали, что он превосходит обычный метод дефектоскопии при обнаружении наклонных дефектов.

Безопасность при аварии

В Японии, показатели для оценки сценариев столкновений или аварийности транспортных средств не установлены, поэтому были использованы сценарии столкновений, основанные на прошлых авариях на переездах, проведен анализ столкновений и травм пассажиров для проверки корреляции между замедлением при ударе транспортного средства и величиной травм пассажиров. Был предложен метод оценки безопасности транспортного средства при аварии.

Пожар на борту поезда

Понимание характеристик возгораний на подвижном составе важно для разработки мер по обеспечению эвакуации пассажиров и предотвращению повреждения конструкций транспортных средств или получения травм в случае пожара на борту поезда. Для базовой оценки был взят пожар в салоне поезда, проведены тесты для понимания характеристик горения горючих материалов и объема пламени. Также проведен анализ воспроизведения теста на горение с использованием вычислительного кода гидродинамики.

Декарбонизация

Сейчас ведутся исследования и разработки подвижного состава с гибридными топливными элементами. Производительность топливных элементов и аккумуляторных батарей была улучшена для повышения эффективности разгона до уровня обычного электропоезда. Будущие задачи включают оптимизацию управления расходом энергии и оценку энергопотребления, например, с помощью моделирования движения по маршруту с использованием испытательного стенда для подвижного состава.

Электромагнитная совместимость

Существует большое количество сигнальных и инверторных устройств, что затрудняет прогнозирование результатов тестов на излучение, которые входят в итоговые испытания подвижного состава. Был создан метод количественного моделирования влияния электромагнитного излучения на устройства сигнализации.

Шумовое загрязнение

Одной из мер по снижению колебательного усилия, вызванного шумом шестерен, которое считается основным источником вибрации и шума в приводных механизмах, является оптимизация формы контактной поверхности, однако это влечёт увеличение затрат на их обработку. Разрабатываются шестерни и зубчатые колеса, в которых применяется высокопрочное чугунное литьё, обладающее высоким демпфирующим свойством и хорошей прилегаемостью поверхности зубьев для исключения процесса окончательной шлифовки, на который приходится большая часть производственных затрат.

Прогнозирование износа батареи для снижения затрат

Эксплуатация литий-ионных батарей требует точного прогнозирования износа и времени их замены. Для определения уровня деградации батареи была предложена формула прогнозирования параметров емкости, учитывающая колебания температуры батареи в реальных условиях использования, а тест реальной батареи на ускоренную деградацию подтвердил, что емкость и внутреннее сопротивление батареи могут быть точно предсказаны. В будущем будет создан метод прогнозирования ухудшения параметров цикла зарядки.

Способ обнаружения отклонений в работе оборудования

Обнаружение отклонений от установленных параметров оборудования требует фиксации какой-либо физической величины. Одной из инициатив является предложение метода автоматической оценки отклонений по данным мониторинга состояния транспортного средства с использованием глубокого обучения. Результаты применения метода к случаям перегрева и остановок двигателей локомотивов показали, что эти события можно точно предсказать заранее.

Одной из инициатив по обнаружению отклонений в работе оборудования путем подсоединения или временного отключения датчиков для снятия показателей является разработка методов мониторинга состояния, сочетающих анализ вибрации в октавном диапазоне и машинное обучение. Одним из примеров является обнаружение возникновения аномальных вибраций из-за повышенного внутреннего износа, вызванного попаданием инородных тел в гидротрансформатор. Результаты тестов по моделированию аномалий подтвердили, что отклонение может быть обнаружено в высокочастотном диапазоне вне зависимости от объема инородных тел. Другим примером является диагностика неисправностей подшипников тяговых двигателей, где в ходе стационарных испытаний после применения тока утечки для тяговых двигателей было подтверждено, что аномалии в подшипниках могут быть обнаружены в определенных условиях при работе без нагрузки.

Оценка свойств фрикционных материалов

При оценке фрикционных материалов при высоких температурах можно увидеть, что испытания требуют большого количества времени и затрат. Поэтому в качестве простого метода оценки фрикционных материалов был предложен метод, который экспериментально исследует и анализирует взаимосвязь между термическим изменением твердой смазки, содержащейся во фрикционном материале, и коэффициентом трения и в котором оценивалась термостойкость основного материала. В будущем это будет использоваться в качестве базового теста для выбора фрикционных

материалов в процессе разработки тормозных систем.

Управление наклоном кузова вагона

Для уменьшения укачивания в поезде, был разработан шаблон угла наклона кузова, который соответствует форме фактической кривой, а также разрабатывается система позиционирования поезда, которая использует сопоставление кривизны пути. В качестве нового механизма была создана система управления наклоном с активным торсионом. Ожидается, что его эффективность будет подтверждена при динамических испытаниях.

Система подавления вертикальной вибрации

Высокоскоростные поезда Синкансэн стали менее подвержены боковой вибрации и пассажирам теперь передается в основном вертикальная вибрация. Считается, что снижение вертикальной вибрации вагона является эффективным способом повышения комфорта езды, поэтому была разработана система её контроля, которая сочетает в себе регулируемые гидравлические вертикальные демпферы в первичной и вторичной подвеске. Стендовые испытания вагона подтвердили возможность одновременного уменьшения вибрации в разных режимах.

Уменьшение упругой вибрации кузова вагона

Для дальнейшего повышения комфорта езды на поезде необходимо снизить упругую вибрацию кузова вагона. Была предложена расширенная коробчатая модель, которая бы гасила упругие колебания. Методы снижения вибрации включают в себя не только ранее упомянутую систему управления вертикальным подавлением вибрации, но также методы, использующие демпферы активной массы и упруго поддерживаемую массу напольного оборудования в качестве динамического поглотителя вибрации.

Снижение шума в интерьере

Шум внутри вагонов создается за счет звука, переносимого конструкцией, и передаваемого звука. Что касается структурных звуков, то для практического использования были использованы конструкции с плавающим полом для уменьшения вибрацию плиты пола, однако в низкочастотном диапазоне могут возникнуть сложности. Была разработана конструкция, в которой плиты перекрытия были прикреплены к боковой части, менее подверженной вибрации (подвесная конструкция перекрытия), и стендовые испытания на вибрацию подтвердили эффект снижения вибрации плит перекрытия в диапазоне частот в несколько сотен Гц или менее.

Активная система подруливания тележки

Для достижения устойчивости при движении на высокой скорости и при прохождении кривых была разработана активная система подруливания тележки, функционирующей как демпфер рыскания при движении на высоких скоростях и действующей как привод при движении на крутых

кривых, создавая момент рыскания между кузовом и тележкой. Ходовые испытания на полигоне подтвердили, что это уменьшило боковую силу, а тесты на испытательном стенде подтвердили, что это не повлияло на устойчивость при движении на высокой скорости.

Тормозные диски

Для повышения термостойкости тормозных дисков из кованой стали на поверхность трения была нанесена лазерная наплавка металла, которая позволяет формировать термостойкие слои. Стендовые испытания нового диска подтвердили, что он обладает более высокой прочностью при высоких температурах и улучшенной износостойкостью, чем используемые сейчас диски.

Источник: QR of RTRI, Vol. 64, No. 3, Aug. 2023, стр. 153-156 (англ. яз.)