

посылающего лазерные импульсы в оптоволокно и измеряющего интенсивность обратного рассеяния; блока обработка (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).

На опытном участке железной дороги оптоволоконный кабель уложен в землю, в качестве акустического датчика будет использоваться свободный световод кабеля. Постовое оборудование системы FTS установлено на станции Молодечно в дистанции сигнализации и связи, а три автоматизированные рабочие места АРМа будут установлены, соответственно, в Молодечненской дистанции пути, Доме связи станции Молодечно и Конструкторско-техническом центре КТЦ Бел. ж. д.

В процессе испытаний и наладки осуществляется конфигурирование системы, проверка и регулировка основных функций и контролируемых параметров. Для этих целей в блок обработки загружена версия программного обеспечения (5.3.4). В режиме мониторинга технического состояния устройств проверяется контроль излома/дефекта рельсов, контроль излома оси, осевой шейки или колеса, контроль дефектов поверхности катания колес подвижного состава. Регистрируется контроль местоположения поездов с измерением скорости и направления движения поездов, а также длины подвижного состава. Для обеспечения защиты инфраструктуры и персонала предусмотрен контроль несанкционированного доступа к напольным объектам: вскрытие путевых коробок, муфт, шкафов, кабельных колодцев, постов КТСМ и пр. (до двух метров от кабеля). Система сконфигурирована для удаленного доступа, что позволяет существенно интенсифицировать пусконаладочные работы, в том числе для модификации программных продуктов. Произведен сбор данных для геологической калибровки с целью сегментирования оптоволоконного кабеля по расположению станций на данном участке железной дороги.

В результате испытаний продемонстрировано обнаружение дефектов колес и рельсов на мониторе прикладного блока, полученные скриншоты показали типичные сигнатуры поездов, следующих по участку, а также очень четко выраженный акустический след ползуна на поверхности катания колеса. Произведена запись данных системы FTS для сравнения с данными, зарегистрированными вибрационным датчиком прохода колес. Начаты работы по настройке функций обнаружения дефектов подвижного состава для выдачи сигналов тревоги и статистической обработки результатов мониторинга.

Следует отметить, что доступные в настоящее время на рынке системы DAZ не обеспечивают выполнение в полной мере действующих в железнодорожной отрасли стандартов, связанных с безопасностью движения поездов. Непосредственное сравнение систем на основе DAZ и технических решений на базе счетчиков осей подвижного состава демонстрирует определенные ограничения DAZ, касающиеся точного определения координат происшествий.

В заключение можно отметить, что возможности применения технологии DAZ на железнодорожном транспорте выходят далеко за рамки рассмотренных технических решений, хотя и они открывают широкие перспективы для роста эффективности контроля инфраструктуры путевого развития и подвижного состава. В ближайшем будущем можно ожидать существенного прогресса в развитии прикладных систем на основе этой технологии.

УДК 629.4.015

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ В ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЕ MSC.ADAMS

Д. М. МАРЧЕНКО

Новозыбковский машиностроительный завод, Российская Федерация

В середине 50-х гг. XX века на смену грузовым железнодорожным тележкам МТ-44 и МТ-50 пришли новые тележки ЦНИИ-ХЗ-О, в настоящее время более известные как тележки модели 18-100. И несмотря на ряд недостатков, они до сих пор являются наиболее распространенными на постсоветской территории. Несовершенство данной тележки связано с излишней жесткостью рессорного подвешивания. Это особенно ярко проявляется при движении порожних вагонов, когда статический прогиб рессор составляет всего 8 мм, а подвеска фактически не работает. Большой статический прогиб рессорного

повешивания имеет груженный вагон – от 46 до 50 мм. Однако и в этом случае тележка 18-100 не может похвастаться хорошими динамическими показателями – из-за конструкции фрикционных гасителей колебаний, которые отличаются значительным разбросом своих реальных характеристик демпфирования по сравнению с расчетными параметрами. Из-за этого недостатка рессорный комплект полностью выключается из работы на скоростях до 60–70 км/ч, что крайне негативно сказывается как на самом вагоне с тележками, так и на верхнем строении железнодорожного пути. Кроме этого фрикционные клинья недостаточно хорошо гасят боковые колебания. Еще одним недостатком трёхэлементной тележки 18-100 является забегание боковых рам, которое может достигать 15–20 мм. Оно возникает вследствие недостаточной жесткости соединения надрессорной балки с боковыми рамами. Из-за забегания возникает влияние тележки, её элементы несут дополнительную нагрузку, а вагон теряет плавность хода. В частности, это приводит к перекосам подшипников, что значительно сокращает их срок службы.

Некоторые недостатки тележки 18-100 были устранены в тележках 18-194-1, разработанных Уралвагонзаводом в рамках «Комплексной программы реорганизации и развития отечественного локомотиво- и вагоностроения, организации ремонта и эксплуатации пассажирского и грузового подвижного состава на период 2001–2010 гг.». В тележках 18-194-1 используется рессорное подвешивание с билинейными характеристиками, фрикционные клинья увеличенной ширины, буксы кассетного типа с эластичными адаптерами, скользуны постоянного контакта. Зоны контакта фрикционных клиньев упрочнены наплавкой и позволяют без ремонта выдерживать пробег до 500 тыс. км. Тележка 18-194-1 с увеличенной осевой нагрузкой 245 кН оказывает на путь примерно такое же динамическое воздействие, как тележка 18-100 с осевой нагрузкой 230 кН.

Также в эксплуатацию начали вводиться тележки моделей 18-9810, 18-9855 типа Barber S-2-R, которые были разработаны совместно с американской компанией Standard Car Truck. Эти тележки имеют все преимущества тележек 18-194-1, к тому же отличаются большим статическим прогибом, наличием рессорного подвешивания с девятью парами более тонких пружин и составными фрикционными клиньями, что также благоприятно сказывается на их динамических характеристиках.

В отличие от отечественных и американских литых трехэлементных грузовых тележек, наибольшее распространение в Европе получили одноэлементные тележки семейства Y25. Они базируются на штампованной H-образной раме и имеют одноступенчатое буксовое рессорное подвешивание с фрикционным гашением колебаний. Однако они имеют меньшую осевую нагрузку и без серьезных изменений не применимы для колеи 1520 мм.

С целью определения наиболее рациональных путей совершенствования ходовых качеств вагонных тележек нами поставлена задача по разработке их виртуальных моделей в среде программной системы MSC.ADAMS, которая длительное время используется в автомобилестроении и авиации. Общий порядок такого моделирования представляет собой разработку твердотельных моделей отдельных составных элементов тележки, их взаимное позиционирование и наложение между ними взаимосвязей, описывающих реальное взаимодействие этих частей. Затем в модель добавляются кузов вагона или силы, его заменяющие, а также рельсы железнодорожного пути и определяется контакт между ними и колёсными парами тележки. На последней стадии задается движущая сила или момент, а также подключаются датчики для отображения интересующих нас параметров.

Для выполнения расчета пакету MSC.ADAMS необходимы следующие сведения о частях модели: масса, положение маркера центра массы и моменты инерции относительно осей X, Y, Z. Эти характеристики частей, которые в MSC.ADAMS называются «Part», программа может получить самостоятельно, исходя из геометрии детали и заданного материала или его плотности. Однако в некоторых случаях построение точной формы деталей является слишком трудоемкой задачей; тогда строится упрощенная модель, которой вручную присваиваются упомянутые выше характеристики.

В грузовой тележке самыми сложными для построения элементами являются боковая рама, надрессорная балка, клин и корпус буксы. Их можно частично упростить, но для корректного расчета контактного взаимодействия пакету MSC.ADAMS необходимо точно указать форму зон, способных взаимодействовать друг с другом. Наличие в модели частей, переполненных множеством элементов сложной геометрической формы, в свою очередь, может привести к некоторому замедлению вычислений из-за необходимости на каждом шагу искать места взаимодействия с другими деталями. Эта проблема была решена через разделение крупных частей на тела («SOLID»). При таком подходе масса и инерционные свойства частей сохраняются, тела внутри частей остаются неподвижными, а поиск контактных взаимодействий осуществляется для конкретных тел различных частей, без учета остальных тел.

Также для ускорения выполнения моделирования целесообразно уменьшить количество частей, имеющих собственную массу и моменты инерции. Так, например, боковая рама тележки 18-100 является сборочной единицей, включающей в себя собственно литую раму боковую, по две скобы, втулки и планки фрикционные, а также восемь заклёпок. Если заклёпки и втулки можно вообще исключить из расчёта, то скобы и планки фрикционные непосредственно входят в контакт с корпусами букс и планками контактными. В то же время они являются неподвижными по отношению к боковой раме, поэтому при построении модели их лучше добавить в качестве тел в боковую раму. В этом случае для каждой боковой рамы число частей уменьшается с пяти до одной, и исчезает потребность в четырех фиксированных соединениях.

Еще одной важной частью при моделировании трёхэлементной тележки является её рессорный комплект. Поскольку пружины рессорного комплекта тележки относительно короткие, при 249 мм длины наружная пружина имеет внешний диаметр 200 мм, а внутренняя – 132 мм, то они имеют значительную поперечную жесткость, которую необходимо учитывать. Нами путем аппроксимации для тележки 18-100 получена нелинейная зависимость коэффициента боковой жесткости для пары из наружной и внутренней пружин от высоты пружины в данный момент. Отметим, что при моделировании движения тележки со скоростью 18 м/с в кривой радиусом 600 м боковая сила на каждой паре пружин достигала 3,5 кН, что вызывало поперечное смещение концов пружин до 11 мм.

К особенностям моделирования динамики тележек в MSC.ADAMS следует отнести невозможность построения железнодорожного пути длиной более 1000 м. Также есть ограничение на длину рельсов, т.к. моменты сопротивления по осям для части не могут отличаться более чем на 4 порядка. В случае, когда длина одиночного рельса Р65 превышает 33 м, программа выводит предупреждение о возможной неточности расчета. Для обхода этого ограничения в части, содержащие тело «рельс», были добавлены прямоугольные призмы, которые не учитывались при расчете контактного взаимодействия колёсных пар с рельсами, но позволяли увеличить их длину до 497 м. Это, в свою очередь, дало возможность значительно сократить число контактов колесо – рельс, по сравнению с одиночными 33-метровыми рельсами. Еще одним ограничением программы MSC.ADAMS является размер файла базы данных, который не должен превышать 2 Гб. При слишком длительном расчете тележки с множеством измерителей размер файла может превысить максимально допустимый, и тогда сохранение базы данных станет невозможным, однако останется возможность сохранить графики и значения, полученные в ходе моделирования, в табличной форме.

В результате разработки в MSC.ADAMS модели полувагона на тележках 18-100 на участке пути, содержащем прямую с неровностями и кривую радиусом 600 м, получены данные о поведении тележки с номинальными чертёжными размерами для случаев груженых и порожних вагонов. Разработанная модель позволяет осуществить изменение параметров тележки и сравнить полученные результаты с её исходными характеристиками.

Таким образом, выполненная работа продемонстрировала возможности применения пакета MSC.ADAMS для виртуальных экспериментов по совершенствованию ходовых качеств тележек. При этом сокращаются затраты на изготовление физических моделей и опытных образцов, а также уменьшается время, необходимое для разработки новых тележек или модернизации существующих.

УДК 629.463.001.18

О СОСТОЯНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В ВАГОННОМ ХОЗЯЙСТВЕ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

А. Ф. МОРСКОЙ, Н. П. УЛАЩИК
Белорусская железная дорога, г. Минск

Е. П. ГУРСКИЙ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Повышение безопасности движения поездов является на сегодняшний день важной составляющей эффективной работы и развития железнодорожного транспорта. На железных дорогах безопасность движения поездов обеспечивается путем осуществления комплекса профилактических мер,