

основной функцией является визуализация содержимого объектов и отождествление находящихся в них товаров, материалов, предметов и веществ, зафиксированных в таможенных документах.

Комплексы разработаны специально для бесконтактного досмотра малозагруженных либо полностью загруженных движущихся железнодорожных вагонов и контейнеров. Они проверяют поезда, движущиеся со скоростью от 1 до 12 км/ч. Железнодорожные вагоны проходят через луч рентгеновского излучения, после чего полученные изображения вагонов запоминаются в базе данных вместе с цифровым видеоснимком номера вагона. Оператор комплекса располагает четким рентгеновским изображением и всем набором инструментов обработки изображения для оперативного анализа содержимого вагона.

В настоящее время приобретает особое значение также и борьба с незаконным оборотом ядерных и других радиоактивных материалов, обеспечение безопасности использования и сохранности источников ионизирующего излучения. Для повышения эффективности мер по борьбе с терроризмом необходимо осуществление радиационного мониторинга и контроля на границе с помощью специальных ТСТК.

Стационарные системы радиационного контроля эксплуатируются на открытом воздухе в круглосуточном режиме и в настоящее время физически изношены для большинства пунктов пропуска. Кроме того, установленное оборудование морально устарело и не может обеспечить передачу данных по современным телекоммуникационным линиям связи. Поэтому предлагается установка стационарной системы обнаружения делящихся радиоактивных материалов (ДРМ) «Янтарь».

Еще одним важным элементом совершенствования организации таможенного контроля является смещение акцента с этапа текущего таможенного контроля на этап таможенного контроля после выпуска товаров, повышение эффективности контроля путем внедрения в практику таможенных органов посттаможенного аудита.

Предлагается внедрить в практику работы таможенных органов Республики Беларусь право добровольного признания ошибки, которое гарантирует представителям бизнеса отсутствие штрафных санкций при добровольном признании ошибки и уплате всех причитающихся таможенных платежей. Данное право будет способствовать более тесному сотрудничеству между таможенными органами и субъектами внешней экономической деятельности.

Посттаможенный аудит применяется развитыми странами на протяжении длительного периода. Его цель заключается не только в выявлении нарушений законодательства, но и в стимулировании участников ВЭД к соблюдению законодательства. В основе отбора участника ВЭД для проведения аудита лежит анализ и оценка возможных рисков. При этом отдельные участники ВЭД отбираются случайным образом.

В странах ЕС суммы доначисленных таможенных платежей от осуществления посттаможенного аудита составляют более 3 % от общего количества взысканных таможенных платежей.

Введение посттаможенного аудита в Республике Беларусь позволит ежегодно увеличить поступления в бюджет на более чем 200 млн белорусских рублей. За счет средств, вырученных от использования посттаможенного аудита, предлагается осуществить покупку железнодорожного стационарного инспекционно-досмотрового комплекса NUCTECH RF9010, который окупит себя менее чем за 8 лет, а также оборудовать железнодорожные пограничные переходы стационарными системами радиационного контроля, выполнить модернизацию иных ТСТК.

УДК 629.4

АНАЛИЗ ПРОДОЛЬНЫХ СИЛ В ГРУЗОВОМ ПОЕЗДЕ ПРИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОМ ТОРМОЖЕНИИ

П. А. САХАРОВ, А. О. ШИМАНОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В соответствии с мировыми тенденциями в Республике Беларусь производится постепенная замена автономного тягового подвижного состава, работающего на дизельном топливе, на электрическую тягу (электровозы, электропоезда). На электрическом подвижном составе широко используется электрическое торможение, при котором тяговые электродвигатели переводятся в генераторный режим и преобразуют механическую энергию движения поезда в электрическую. Электрическое торможение облегчает процесс управления поездом при движении на спусках, позволяет с большой

точностью поддерживать скорость движения за счет быстродействия и гибкости в регулировании. Оно эффективно при регулировании скорости на затяжных спусках, т.к. может использоваться длительный период времени. Применение данного вида торможения позволяет снизить расход тормозных колодок, уменьшить износ колесных пар и повысить безопасность движения поездов, а при рекуперативном торможении – получить экономию электрической энергии на тягу поездов.

Однако при электродинамическом торможении грузового поезда тормозная сила не распределяется по длине поезда, как при пневматическом торможении колодочными тормозами, а передается составу от локомотива. При этом в поезде возникают колебания, которые могут приводить к значительному росту продольных динамических сил в межвагонных соединениях. Наиболее опасными с точки зрения безопасности движения являются случаи применения электрического тормоза на профиле пути с переломами, когда поезд движется одновременно на нескольких элементах с различными уклонами. Так, при движении локомотива и головной части поезда на подъем сила электрического тормоза будет способствовать сила сопротивления, связанная с уклоном. Если же «хвост» поезда движется по спуску, то последние вагоны будут «набегать» на заторможенные.

Изучение динамических сил, возникающих в межвагонных соединениях при электродинамическом торможении, приобрело особую актуальность после закупки и введения в эксплуатацию Белорусской железной дорогой мощных электровозов БКГ1 и БКГ2, оборудованных электрическим рекуперативным тормозом. Процессы, происходящие при торможении, в частности электродинамическом, изучались и ранее, однако имеющиеся на данный момент опыт и исследования не позволяют в полной мере обеспечить безопасность движения и однозначно определить режимы использования электрического тормоза современных электровозов.

Безопасность движения поездов определяется значениями продольных и поперечных сил, возникающих в поезде. Типовая методика тяговых расчетов, рассматривающая поезд как материальную точку, не позволяет учитывать колебания вагонов в составе поезда и оценивать изменения значений, действующих в межвагонных соединениях сил. Поэтому оценка внутренних сил в поезде требует использования модели, в которой поезд рассматривается в виде цепочки твердых тел – вагонов, соединенных упругими, упруго-вязкими связями или связями с нелинейными характеристиками, моделирующими автосцепки.

С целью исследования продольной динамики поезда разработана компьютерная модель в программном комплексе MSC.ADAMS/View. Она предполагает ряд допущений:

- вагоны считаются абсолютно твердыми телами;
- массы вагонов сосредоточены в их центрах масс;
- зазоры в межвагонных связях отсутствуют;
- межвагонные связи представляются в виде пружин с постоянным значением жесткости и коэффициента демпфирования;
- движение поезда происходит по прямой, отсутствуют вертикальные колебания и угловые перемещения вагонов.

Силы сопротивления движению вагонов принимались в соответствии с Правилами тяговых расчетов. Считалось, что в момент начала действия тормозной силы упругие элементы автосцепок находились в недеформированном состоянии.

Изучалась динамика грузового поезда в режиме электродинамического торможения при различных условиях. Рассмотрены варианты движения однородного и неоднородного состава по элементам пути с уклоном от 0 до –12 ‰ при различных значениях начальной скорости, массы вагонов, тормозной силы, коэффициентов жесткости и демпфирования межвагонных связей, расположения порожних вагонов по длине поезда.

При моделировании движения поезда из 62 груженых вагонов массой 88 т исследовалось изменение сил в межвагонных соединениях с течением времени. Расчеты производились для постоянной тормозной силы 500 кН в случаях движения по элементам с уклонами от 0 до –12 ‰ и начальными скоростями от 10 до 25 м/с. Результаты вычислений показали, что во всех рассмотренных случаях законы изменения сил между вагонами были идентичными, отличаясь лишь вследствие разного основного сопротивления движению, которое зависит от скорости. При изменении тормозной силы амплитуды колебаний сил в межвагонных соединениях изменяются, но период остается постоянным.

Для случая движения поезда по спуску 8 ‰ с начальной скоростью 25 м/с при тормозной силе 500 кН проведено имитационное моделирование при различных значениях коэффициента демпфирования в межвагонных соединениях (при постоянной жесткости $c = 1,1 \cdot 10^7$ Н/м принимались значения коэффициента демпфирования от 425 до 5000 кН·с/м). Результаты показали, что увеличение

коэффициента демпфирования приводит к значительному снижению амплитуды колебания внутренних продольных сил и времени затухания колебаний.

Влияние массы вагонов на продольную динамику рассматривалось для состава из 62 вагонов, движущегося по спуску 4 ‰ с начальной скоростью 15 м/с при силе 350 кН. Проанализированы варианты торможения для масс вагонов от 20 до 88 т брутто. Расчеты показали, что уменьшение массы вагона с 88 до 20 т в случае жесткости упругих элементов $c = 1,1 \cdot 10^7$ Н/м и коэффициента демпфирования $K = 1 \cdot 10^6$ Н·с/м приводит к уменьшению периода колебаний почти в два раза.

На основе обобщения результатов моделирования движения однородного поезда, представленного в виде цепочки твердых тел, соединенных упруго-вязкими связями, можно сформулировать следующие выводы:

– в однородном поезде каждый вагон совершает такое же колебательное движение, как и локомотив, только по мере удаления от локомотива оно отстает по фазе и затухает вследствие работы поглощающих аппаратов автосцепок;

– период изменения силы в межвагонных соединениях практически не зависит от величины уклона профиля, начальной скорости движения, тормозной силы и коэффициента демпфирования поглощающих аппаратов и определяется массой вагонов и жесткостью упругих элементов;

– амплитуда сил в межвагонных соединениях зависит от тормозной силы, коэффициентов жесткости и демпфирования связей вагонов и их массы, но на нее практически не влияют уклон профиля и начальная скорость торможения.

Иная картина наблюдается в случае движения по постоянному профилю неоднородных поездов. С помощью модели рассмотрено влияние расположения вагонов разной массы на действующие в межвагонных соединениях силы. Расчеты выполнялись для следующих исходных данных: масса груженого вагона 85 т, порожнего – 20 т, уклон участка –8 ‰, начальная скорость поезда 15 м/с, тормозная сила 400 кН. Группа из пяти порожних вагонов занимает различные положения по длине поезда: в голове поезда, после 10-, 30-го вагонов и в хвосте поезда.

Результаты вычислений показали, что наибольшие силы возникают при расположении порожних вагонов в первой трети длины поезда. При этом максимальные их значения превышают силу электродинамического тормоза локомотива на 8–15 %. В случае размещения пяти порожних вагонов в голове поезда максимальная сила возникает после порожнего 5-го вагона, при порожних 11–15-х также после последнего порожнего 15-го вагона. В составе с 31–35-м порожними вагонами такой максимум отмечается после 11-го вагона. Расположение порожних вагонов в хвосте поезда способствует уменьшению максимальных сил в автосцепках как самих порожних вагонов, так и части предшествующих груженых. Любое другое их размещение ведет к росту максимальных сил в межвагонных соединениях. Полученные результаты подтверждают приведенную ранее в исследованиях П. Т. Гребенюка и С. В. Вершинского информацию о повышении продольных динамических сил примерно на 20–30 % в неоднородном поезде по сравнению с однородным.

Разработанная модель может быть использована при выборе рациональных режимов ведения поездов и формировании железнодорожных составов.

УДК 621.793

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛЯХ ХODOVЫХ СОПРЯЖЕНИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПУТЕVЫХ МАШИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫМ ИНДУКЦИОННЫМ МЕТОДОМ

И. А. СОСНОВСКИЙ

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск

И. И. ГРУДЬКО, И. П. ТРЕМБИЦКИЙ

Эксплуатационное республиканское унитарное предприятие

«Центр механизации путевых работ Белорусской железной дороги», г. Пинск

На предприятиях железнодорожного транспорта Республики Беларусь используется широкая номенклатура деталей машин и устройств, которые содержат в своем исполнении узлы трения три-