

торый заносятся результаты проводимых испытаний. Условием прекращения испытаний является получение полного объема экспериментальных данных, предусмотренных разработанной программой и методикой испытаний.

При теплотехнических испытаниях определяется средний коэффициент теплопередачи ограждений корпуса, контролируются следующие параметры: температура внутри грузового помещения корпуса, которая не должна превышать $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$; температура снаружи грузового помещения; время нагрева внутри грузового помещения; расход электроэнергии; соответствие конструкции требованиям безопасности при обслуживании.

При проведении теплотехнических испытаний используются следующие средства испытаний: электронагревательные устройства, датчики температуры, счетчик электрической энергии.

При подготовке испытываемого контейнера к теплотехническим испытаниям определяют суммарную мощность и количество электронагревательных устройств. Расчет среднего коэффициента теплопередачи осуществляется по формуле исходя из расхода электроэнергии, среднегеометрического значения площади поверхности кузова, времени расчетного периода, перепада температуры воздуха внутри грузового помещения и снаружи контейнера. Анализ и оценка результатов испытания по определению среднего коэффициента теплопередачи ограждений корпуса контейнера производится путем сопоставления полученных данных с требованиями нормативно-технической документации.

Методы оценки плотности корпусов изотермических контейнеров можно разделить на две группы: оценивающие воздухообмен при действительных тепловых процессах в корпусах изотермических контейнеров и косвенные, позволяющие сравнить между собой плотность кузова, но не определяющие воздухообмен.

В настоящее время существует ряд быстрых и точных искусственных методов оценки герметичности изотермических транспортных средств, однако надежного метода оценки воздухообмена корпуса (кузова) изотермических транспортных средств с внешней средой в действительном тепловом процессе пока не существует.

Наиболее распространенным методом оценки герметичности корпуса (кузова) изотермических транспортных средств является метод испытания надувом избыточным давлением.

В условиях вагоноремонтных предприятий наиболее целесообразна оценка плотности корпуса контейнера по созданию и определению времени поддержания нормированного избыточного давления, при этом измеряется расход воздуха, подаваемого в корпус контейнера и фильтрующего сквозь ограждение. Расход воздуха является в этом случае параметром, определяющим герметичность кузова. Величину допустимого расхода воздуха через неплотности нормируют в зависимости от модели изотермического контейнера.

Существующие методы теплотехнического контроля, базирующиеся на использовании как равновесных, так и неравновесных режимов дают интегральную оценку качества ограждающих конструкций в целом всего корпуса контейнера, не характеризуя теплоизоляционные качества отдельных элементов ограждения. Поэтому возникает необходимость в разработке дополнительных методов контроля, позволяющих оценивать теплотехнические качества отдельных элементов ограждений корпуса (кузова) изотермических транспортных средств.

УДК 656.34

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ТРАМВАЯ ЗА СЧЁТ УЛУЧШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТИ ТОРМОЗА

Д. В. КАПСКИЙ, С. А. РЫНКЕВИЧ, Е. Н. КОТ, С. С. СЕМЧЕНКОВ
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

При конструировании транспортных средств большое внимание уделяется тормозным системам. По назначению принято выделять три режима торможения: служебное, экстренное, стояночное. Наряду с общими, каждый из этих режимов предъявляет к тормозным системам свои специфические требования. Большое значение с точки зрения эксплуатационных показателей работы тормозов имеет способность осуществления торможения без потери устойчивости транспортных средств на дорожном покрытии. Данный вопрос является не менее актуальным и при торможении рельсо-

вых транспортных средств (далее – трамвай), и в этом случае идёт речь о сохранении их устойчивости при торможении на рельсовом полотне.

Подвижной состав трамвая, который эксплуатируется в Республике Беларусь, оборудован следующими видами тормоза: электрическим тормозом (электрическое торможение), механическим тормозом – барабанный колодочный или дисковый тормозной механизм с соленоидным или гидравлическим приводом, действующим на оттормаживание (механическое торможение), электромагнитным рельсовым тормозом (магнитно-рельсовое торможение).

При механическом и электрическом торможении реализация тормозной силы происходит через сцепление колёс с рельсами, так как механизмы данных видов торможения так или иначе воздействуют на тяговую передачу и колёсную пару трамвая. Величина коэффициента сцепления в значительной степени зависит от состояния поверхностей катания бандажа и рельса и, менее значительно, от скорости движения колеса по рельсу (в диапазоне скоростей, характерных для трамвая). В отличие от железнодорожных линий, ограждённых от дорожного движения с помощью специальных технических средств, трамвайные линии предусматривают непосредственное участие подвижного состава трамвая в дорожном движении, особенно в случаях, когда рельсовый путь проложен посередине проезжей части.

Для обеспечения безопасности движения в контексте постоянно изменяющихся условий движения и дорожной обстановки необходимо добиваться повышения величины замедления подвижного состава при торможении и гарантированного поддержания её в относительно постоянных пределах. Это возможно двумя путями: используя электрическое или механическое торможение с повышением коэффициента сцепления (подачей песка на рельсы); применяя другие виды торможения, которые реализуют тормозную силу без участия пары «колесо – рельс».

При неблагоприятных условиях движения, вызванных загрязнённым состоянием пути, резко ухудшается сцепление колёс трамвая с рельсами, при этом трамвай при торможении значительно подвержен юзу. Из практики известно, что для вывода трамвая из юза можно использовать метод управления трамваем «перетормаживание», когда водителем сначала выключается режим торможения, а последующее его включение производится с меньшей тормозной силой (тормозным током) и сопровождается подачей песка на рельсы. Однако в условиях городского движения этот метод не всегда оправдан и часто небезопасен.

Преимуществом рельсового транспорта является возможность применения магнитно-рельсового торможения. Эффективность электромагнитного рельсового тормоза в значительной мере зависит от состояния поверхности рельсов и поверхности башмаков. Известно, что сила притяжения каждого тормозного башмака к рельсу составляет 48000–52000 Н для рельсового тормоза, применяемого на трамваях АКСМ-60102, и 64000–65000 Н – для рельсового тормоза, применяемого на трамваях АКСМ-84300М. В связи с этим более предпочтительным в случае возникновения юза является применение тормоза, который конструктивно реализует тормозную силу непосредственно между кузовом трамвая и рельсами (без участия системы «колесо – рельс»).

Однако в трамваях АКСМ-60102 управление тормозами осуществляется следующим образом:

- электрический тормоз приводится в действие путём установки рукоятки контроллера в зону, соответствующую электрическому торможению, изменением угла наклона рукоятки контроллера в пределах зоны электрического торможения достигается задание нужной величины тормозного тока;
- механический тормоз приводится в действие установкой рукоятки контроллера в положение механического торможения, которая находится за зоной электрического торможения с последующим переводом рукоятки контроллера в «нулевое» положение для достижения максимального тормозного эффекта (либо нажатием кнопки «ТОРМОЗ» на пульте водителя);
- электромагнитный рельсовый тормоз приводится в действие только установкой рукоятки контроллера в положение экстренного торможения или при отпуске педали безопасности.

В рассматриваемой схеме работы при задействовании электромагнитного рельсового тормоза происходит электрическое торможение с максимальным заданием тормозного тока, в полную силу действует механическое торможение и сам электромагнитный рельсовый тормоз, кроме того, подаётся песок на рельсы и включается звонок. В связи с тем, что механический тормоз будет действовать в полную силу, блокируя колёсные пары, он будет способствовать дальнейшему развитию процесса срыва сцепления и образованию на поверхности катания колеса ползунов. Кроме того, в действующих конструкциях трамваев отключить механический тормоз (действующий при этом в полную силу) можно только путём включения трамвая в режим хода. Таким образом, использова-

ние электромагнитного рельсового тормоза для вывода вагона из юза становится малоэффективным: будет осуществляться исключительно магнитно-рельсовое торможение, при этом колёсные пары, заблокированные механическим тормозом, будут «скользить» по рельсам, выходя из строя. Таким образом, в существующей схеме работы использование электромагнитного рельсового тормоза возможно только в режиме экстренного торможения. При этом преимущества магнитно-рельсового торможения не используются.

Учитывая вышеизложенное, актуальным является решение установки в правой части пульта водителя рукоятки независимого управления электромагнитным рельсовым тормозом. Рукоятка может иметь три положения, при отпуске она должна сама возвращаться в нейтральное положение (выключено). При установке рукоятки в верхнее положение должен работать электромагнитный рельсовый тормоз (при этом звонок отключён). При установке рукоятки в нижнее положение должен включаться режим экстренного торможения (электрический тормоз, электромагнитный рельсовый тормоз, песочница). Также возможно предусмотреть и дополнительные положения рукоятки, которые будут обеспечивать раздельное (по тележкам) включение электромагнитного рельсового тормоза в кратковременном режиме.

В предложенной схеме в случае служебного торможения водителю для восстановления сцепления достаточно будет применить в течение небольшого промежутка времени торможение электромагнитным рельсовым тормозом, включая его короткими импульсами, переводя рукоятку в положение «вверх». В результате снижения скорости движения трамвая, при искусственном увеличении его сцепного веса, трамвай «выйдет из юза», после чего применение электромагнитного рельсового тормоза можно прекратить. Кроме того, применяя магнитно-рельсовое торможение отдельно от других видов тормоза, можно получить достаточно «мягкие» и комфортные для пассажиров тормозные характеристики. При этом водитель сам может регулировать замедление трамвая, выбирая продолжительность включения электромагнитного рельсового тормоза.

Для повышения надёжности тормозных систем трамвая также предлагается предусматривать резервирование системы электромагнитного рельсового тормоза, выделив и подключив аппараты управления, исполнительные механизмы, обмотки башмаков рельсового тормоза через дополнительные автоматические выключатели непосредственно к аккумуляторной батарее трамвая.

Список литературы

- 1 Ефремов, И. С. Технические средства городского электрического транспорта / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. В. Шевченко. – М. : Высш. шк. 1985. – 448 с. : ил.
- 2 Рынкевич, С. А. Проектирование, эксплуатация и диагностика мобильных машин : [монография] / С. А. Рынкевич, В. В. Кутузов. – Могилёв : Белорусско-Российский университет, 2016. – 224 с.
- 3 Трамвайная система г. Минска – проблемы и перспективы / Е. Н. Кот, С. С. Семченков, В. Ю. Ромейко // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XXIV Междунар. (XXVII Екатеринбургской, II Минской) науч.-практ. конференции ; междунар. редкол. : Д. В. Капский (председатель) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2018. – С. 197–222.

УДК 629.4.053.2

БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ЛОКОМОТИВНЫХ УСТРОЙСТВ БЕЗОПАСНОСТИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

М. Ю. КАПУСТИН, С. В. МАЛАХОВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

В Концепции комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога» (Концепция «ЦЖД») определено целевое состояние железнодорожного комплекса, которого следует достичь в процессе трансформации модели бизнеса холдинга «РЖД» к цифровому виду. Локомотивный комплекс присутствует во всех аспектах развития бизнеса холдинга, но наиболее существенными с точки зрения автоматизации являются направления:

- малолюдные и безлюдные средства управления процессами;
- цифровые объекты, диагностика и планирование;
- оптимизация использования ресурсов.