

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.

Перспективные направления развития новых бортовых устройств безопасности описаны в Концепции развития локомотивных устройств безопасности, утверждённой распоряжением ОАО «РЖД» от 28.01.2019 г. № 123/р. В ходе цифровой трансформации следует изменить подход к созданию железнодорожных систем безопасности с учетом полного исключения человеческого фактора. Для этого требуется соблюсти несколько базовых принципов:

- переход к единой масштабируемой модульной системе. В настоящее время функции разделены по локомотивным устройствам безопасности (ЛУБ) и микропроцессорным системам управления (МПСУ): КЛУБ-У – функции безопасности движения, УСАВП – функция автоведения, ТСКБМ – контроль бодрствования машиниста, САУТ – автоматическое служебное торможение, что приводит к избыточному выполнению простых функций. Отсутствие синхронизации по базовым измерительным величинам может привести к несогласованному управлению в граничных режимах. Переход к упорядоченной системной работе различных устройств в рамках единой платформы позволит достигнуть синергетического эффекта с точки зрения безопасности движения;

- переход к единому открытому стандартному интерфейсу взаимодействия между бортовыми системами и внутри систем. Применение такого интерфейса также оправдано с точки зрения обеспечения безопасности движения, так как позволяет не только реализовать прозрачный обмен информацией, но и упрощает доступ к данным систем неограниченному кругу потребителей, что обеспечит качественную доверительную среду. Последнее обстоятельство является очень важным с точки зрения контроля за корректной работой ЛУБ и МПСУ, так как возможные ошибки или аномалии на уровне программного обеспечения (ПО) после проведения обновления или в других случаях будут выявляться быстрее;

- интеграция с инфраструктурой, перенос функций с бортовых систем на центры обработки данных. Требования к МПСУ в части информационного обеспечения будут только повышаться, а для безлюдных технологий необходимо внедрение системы технического зрения, предсказательной технической диагностики подвижного состава, инфраструктуры, которые потребуют значительных вычислительных мощностей. Если пытаться решать эти задачи на борту локомотива, то затраты на оборудование, его ремонт и обслуживание, будут существенно возрастать, а выполнение требований по функциональной безопасности значительно усложнит решение поставленных задач. Отсутствие централизованной гиперконвергентной инфраструктуры приводит к дополнительным затратам на сбор, хранение, анализ (расшифровку) информации, при этом ресурс полезного применения полученных данных недоиспользован, что также оказывает влияние на безопасность движения. Связь с инфраструктурой позволит решить вопросы своевременного обновления ПО бортовых систем, в том числе и баз данных (электронных карт), в которых содержится важная для вопросов безопасности движения информация;

- широкое использование готового ПО. В условиях интенсивного развития рынка систем автоматического управления становится очевидно, что цикл разработки МПСУ должен сокращаться. Поэтому полный цикл разработки ПО в настоящее время могут позволить только крупные корпорации, для которых эта сфера является основным направлением бизнеса. Использование готовых модулей ПО приведет в конечном счете к снижению стоимости разработки и повышению качества ЛУБ и МПСУ. Это также приведет к увеличению киберзащищенности систем и в итоге к повышению уровня безопасности за счет широкой распространенности кода;

- упрощенная конструкция и минимизация аппаратного обеспечения. Эксплуатируемые МПСУ и ЛУБ представляют в структурном виде многоэлементные системы, выполненные на маломощных микроконтроллерах. В годы проектирования этих систем и устройств не требовалось реализовывать сложные функции: предиктивная диагностика подвижного состава и инфраструктуры, техническое зрение, распознавание речи, моделирование движения и т. д. Наиболее тяжелой функцией в части производительности являлась дешифрация сигналов рельсовых цепей. Для большей ремонтпригодности системы строились из блоков, которые заменялись в случае отказа. В безопасном локомотивном объединенном комплексе (БЛОК) были устранены некоторые недостатки и сокращена аппаратная часть, но основные недостатки остались: отсутствует автоматическое обновление ПО, не реализован электронный журнал работы системы, существенно ограничен объем базы данных, отсутствие виртуализации ПО, наличие большого избыточного количества аппаратных блоков (плат) и др.;

- расширения функций диагностики подвижного состава и инфраструктуры. В штатных МПСУ и ЛУБ функции диагностики оборудования развиты на недостаточном уровне, а предсказательная

диагностика практически не реализована. На современном этапе и при переходе к беспилотному управлению недопустимо использовать системы без достаточного уровня диагностики объекта управления. Например, диагностика тормозных систем поезда должна обязательно быть реализована при управлении поездом машинистом в одно лицо и тем более при внедрении беспилотного управления. Также не используются возможности диагностики железнодорожной инфраструктуры путём сбора диагностических данных на борту подвижного состава. Возможности компьютерного зрения, измерения ускорений по трём направлениям, акустического, вибрационного и других методов позволят на ранних этапах фиксировать нарушения в содержании пути, стрелочных переводах, контактной подвески и др., что позволит вывести безопасность движения на новый, более высокий уровень;

– отделение функций, реализуемых по наивысшему уровню полноты функциональной безопасности в отдельный блок – блок безопасности движения (ББД). Этот блок представляет собой обособленный структурный элемент МПСУ, который взаимодействует с остальными элементами системы только в режиме чтения и может иметь собственные интерфейсы подключения к датчикам. Прототипом для ББД могут послужить существующие ЛУБ. ББД должен выполнять простые функции, обеспечивающие безопасность движения с учетом требований функциональной безопасности. Новые функции (предиктивная диагностика, контроль за работой тормозов поезда, контроль изменения плотности тормозной магистрали в пути следования, контроль доступа на локомотив персонала и т. д.), направленные на обеспечение безопасности движения, должны быть реализованы отдельно в блоке центрального вычислителя (БЦВ). Таким образом, создается двухуровневая иерархическая модель: «БЦВ – ББД», в которой при отказе функции безопасности на уровне БЦВ с уровнем полноты безопасности ниже, чем в ББД, происходит проверка на уровне ББД. И вероятность опасного отказа уменьшается, что автоматически повышает безопасность движения.

Решение задач цифровой трансформации железнодорожного комплекса и перехода к безлюдным технологиям может быть достигнуто только при пересмотре парадигмы разработки перспективных ЛУБ и МПСУ, с соблюдением вышеизложенных принципов, что в свою очередь позволит достичь следующих эффектов:

– вывести безопасность движения на новый, более высокий уровень при помощи: автоматической синхронизации данных ЛУБ и МПСУ с инфраструктурой без участия человека, своевременного предупреждения об аварийных или опасных ситуациях на инфраструктуре, автоматического определения препятствий на пути, минимизации экстренных торможений, исключение отправления поезда с неисправными тормозами, предупреждение отказов экипажной части тягового подвижного состава, влияющих на безопасность движения, и т. д.;

– сократить время на внедрение новых функций;

– снизить стоимость владения ЛУБ и МПСУ и ТПС в целом.

УДК 629.463

## **ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКО-ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*С. В. КАРА, В. А. ПЕТРЕНКО*

*Филиал «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт железнодорожного транспорта» (филиал «НИКТИ») АО «Укрзалізниця», г. Киев*

Эксплуатация грузовых вагонов со сроком службы, превышающим установленный заводом-изготовителем в полтора, два и более раз, требует использования более совершенных методов и технических средств диагностирования несущих металлоконструкций, проведения испытаний подвижного состава, математических методов оценки и прогнозирования характерных неисправностей.

Филиалом «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт железнодорожного транспорта» (филиал «НИКТИ») АО «Укрзалізниця» как головной научной организацией железнодорожного транспорта Украины выполняются работы по научно-технологическому сопровождению основных направлений деятельности железнодорожного транспорта, проведению