

7 **Ефанов, Д. В.** Отказоустойчивые структуры цифровых устройств на основе логического дополнения / Д. В. Ефанов, В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Автоматика и телемеханика. – 2021. – № 8. – С. 140–158. – DOI: 10.31857/S0005231021080079.

8 Self-Dual Parity Checking – a New Method for on Line Testing / Vl. V. Saposhnikov [et al.] // Proceedings of 14th IEEE VLSI Test Symposium. – USA, Princeton: 1996. – P. 162–168.

9 Самотестируемая структура для функционального обнаружения отказов в комбинационных схемах / М. Гессель [и др.] // Автоматика и телемеханика. – 1999. – № 11. – С. 162–174.

10 **Ефанов, Д. В.** Самодвойственный контроль комбинационных схем с применением кодов Хэмминга / Д. В. Ефанов, Т. С. Погодина // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (МЭС). – 2022. – № 3. – С. 113–122. – DOI: 10.31114/2078-7707-2022-3-113-122.

11 **Гавзов, Д. В.** Методы обеспечения безопасности дискретных систем / Д. В. Гавзов, В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Автоматика и телемеханика. – 1994. – № 8. – С. 3–50.

12 **Согомонян, Е. С.** Самопроверяемые устройства и отказоустойчивые системы / Е. С. Согомонян, Е. В. Слабаков. – М.: Радио и связь, 1989. – 208 с.

13 **Сапожников, В. В.** Теория синтеза самопроверяемых цифровых систем на основе кодов с суммированием / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Д. В. Ефанов. – СПб.: Лань, 2021. – 580 с.

УДК 621.3.019.3+656.25

ТЕХНОЛОГИИ УВЯЗКИ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ С СИСТЕМАМИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ

Д. В. ЕФАНОВ^{1,2}, Е. М. МИХАЙЛЮТА¹

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Российская Федерация

²Российский университет транспорта, г. Москва

Системы управления движением поездов и, в частности, технические средства железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), реализуются в соответствии с конкретными условиями и требованиями по обеспечению безопасности перевозочного процесса [1–3]. Устройства и системы ЖАТ, как информационно-управляющие средства, обладают высокими показателями надежности и безопасности, однако они не способны автоматически учитывать многие дефекты инфраструктуры железных дорог [4]. Примеров таких дефектов множество: разворот консоли на опоре контактной сети в габарит приближения строений, расширение колеи, дефекты мостовых сооружений, попадание в габарит приближения строений горных пород в скалистой местности и т. д. Во многих случаях даже внимания машиниста или поездного диспетчера может оказаться недостаточно для предотвращения аварии или катастрофы. Следует признать, что система ЖАТ имеет недостаточное количество информации об объектах инфраструктуры для обеспечения безопасности движения поездов.

Наверное, поворотным моментом в смысле организации «общения» между стационарными средствами мониторинга и средствами управления движением поездов стал случай разрушения мостового сооружения, произошедший 1 июня 2020 года на Октябрьской железной дороге в Российской Федерации [5]. Напомним, что на мосту через реку Кола в Мурманской области (1436 км 1 пк Октябрьской железной дороги) в результате внешних дестабилизирующих факторов произошел подмыв опоры, вызывавший разрушение мостового сооружения. Сигнал на светофоре остался разрешающим. Катастрофы удалось избежать благодаря действиям машиниста. Спустя полгода был построен новый мост, который был оборудован системой мониторинга инженерных конструкций и сооружений (СМИК) [6]. Пожеланием эксплуатирующих подразделений ОАО «РЖД» была организация увязки заградительной сигнализации мостового сооружения с установленной СМИК. Как оказалось, безопасно это сделать не так просто – требуется на уровне нормативной документации определить технологии безопасной реализации СМИК, безопасной увязки со средствами ЖАТ, обеспечения безопасного поведения участников и организаторов движения при наличии дефектов инфраструктурного комплекса [7].

В ходе исследования были установлены методы и способы организации увязки СМИК и средств обеспечения безопасности движения поездов:

- 1) с системой речевого оповещения монтеров пути;
- 2) системой диспетчерского контроля устройств и систем ЖАТ с выводом данных на пульт-табло (табло) системы электрической централизации, дежурному по станции, поездному диспетчеру;

- 3) бортовыми средствами информирования машинистов;
- 4) внешними информационными системами;
- 5) подсистемой кодирования рельсовых цепей;
- 6) бортовыми средствами безопасности локомотива;
- 7) непосредственно с заградительными сигналами;
- 8) отдельно стоящим сигналом (по типу светофора для оповещения об обнаружении перегретых буксовых узлов);
- 9) системой управления движением поездов.

Все обозначенные способы требуют детальной проработки и исследований. К примеру, увязка по типам 1–4 не подразумевает обеспечения соответствия самой СМИК ряду требований по функциональной безопасности, так как напрямую не приводит к регулированию движения поездов автоматически, а является только информационной увязкой. Однако здесь на первый план выходит человеческий фактор в обеспечении уже своевременной и корректной реакции на зафиксированный в СМИК дефект. Варианты 5–9 связаны с прямым управлением в бортовых системах обеспечения безопасности в системах ЖАТ. Они требуют доказательства безопасности технического решения. Интересным вариантом может являться специализированный сигнал, назовем его «*светофором мониторинга*». Он может быть как полевой и/или локомотивный, так и «виртуальный», формируемый программным образом. Наличие еще одного сигнала требует внесения его в Инструкцию по сигнализации на железных дорогах [8], однако выглядит, по нашему мнению, вполне следующим духу развития технологий управления движением поездов в современности.

При любых вариантах увязки требуется нормирование и детальная проработка технической и конструкторской документации СМИК и ее компонентов, а также обеспечение определенного уровня достоверности диагноза и последующего прогноза в программных средствах обработки и анализа данных! Вообще, помимо детальной проработки технологий увязки систем мониторинга с системами обеспечения безопасного движения поездов, на наш взгляд, требуется обратить внимание на такие важные составляющие:

- как разработка требований к получению, обработке и анализу данных в системах мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры;
- разработка требований к реализации СМИК соответствующих каким-либо уровням полноты безопасности (SIL 1–SIL 4);
- разработка теоретических основ синтеза безопасных систем управления с встроенными средствами самодиагностики и мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры с обеспечением обратной связи в цепях автоматики.

Увязка технических средств мониторинга объектов инфраструктуры железных дорог с системами обеспечения безопасности движения поездов – это необходимое решение для совершенствования технологий управления перевозочным процессом, а также повышения уровня безопасности всего железнодорожного комплекса.

Список литературы

- 1 РТМ 32 ЦШ 1115842.01-94 Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Методы и принципы обеспечения безопасности микроэлектронных СЖАТ : Руководящий технический материал / разработ. Вл. В. Сапожников [и др.]. – СПб., 1994. – 120 с.
- 2 Лисенков, В. М. Статистическая теория безопасности движения поездов / В. М. Лисенков. – М. : ВИНТИ РАН, 1999. – 331 с.
- 3 Сапожников, Вл. В. Синтез систем управления движением поездов на железнодорожных станциях с исключением опасных отказов / Вл. В. Сапожников. – М. : Наука, 2021. – 229 с.
- 4 Ефанов, Д. В. Интеграция систем непрерывного мониторинга и управления движением на железнодорожном транспорте / Д. В. Ефанов // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 4. – С. 62–65.
- 5 Ефанов, Д. В. Перспективы управления движением на железнодорожных магистралях при использовании данных от систем мониторинга инженерных конструкций и сооружений / Д. В. Ефанов // Мостовые сооружения. XXI век. – 2021. – № 4 (51). – С. 17.
- 6 РЖД: мост с первой инновационной системой непрерывного мониторинга и подключением к управлению заградительным сигналом // Мостовые сооружения. XXI век. – 2021. – № 4 (51). – С. 18–19.
- 7 Ефанов, Д. В. Концептуальные основы синтеза безопасных систем управления движением поездов / Д. В. Ефанов, В. В. Хорошев, Г. В. Осадчий // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20. – № 3 (100). – С. 50–57. – DOI: 10.30932/1992-3252-2022-20-3-6.
- 8 Инструкция по сигнализации на железнодорожном транспорте // Приложение № 7 к Правилам технической эксплуатации железных дорог РФ (введ. Приказом Минтранса России от 04.06.2012 № 162).