

7 **Ефанов, Д. В.** Самодвойственные цифровые устройства с контролем вычислений по кодам Сяо / Д. В. Ефанов, Т. С. Погодина // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2023. – № 63. – С. 118–136. – DOI: 10.17223/19988605/63/14.

8 **Сапожников, В. В.** Самодвойственные дискретные устройства / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, М. Гесель. – СПб. : Энергоатомиздат (Санкт-Петербургское отделение), 2001. – 331 с.

9 **Ефанов, Д. В.** Анализ эффективности схем встроенного контроля на основе оценки принадлежности вычисляемых функций классу самодвойственных и предварительного сжатия сигналов с применением линейных кодов / Д. В. Ефанов, Т. С. Погодина // Программная инженерия. – 2023. – Т. 14, № 4. – С. 175–186. – DOI: 10.17587/prin.14.4.175–186.

10 **Ефанов, Д. В.** Методика синтеза самопроверяемых комбинационных устройств с контролем вычислений по кодам Хэмминга с самодвойственными функциями, описывающими проверочные символы / Д. В. Ефанов, Т.С. Погодина // Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию БелИИЖТа – БелГУТа (16–17 ноября 2023 г.): в 2 ч. Ч. 1 / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2023. – С. 212–213.

11 **Piestrak, S. J.** Design of Self-Testing Checkers for Unidirectional Error Detecting Codes / S. J. Piestrak. – Wrocław : Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 1995. – 111 p.

УДК 656.25+681.518.5

## ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОГО СОПРЯЖЕНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ИНЖЕНЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ С СИСТЕМАМИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ

*Д. В. ЕФАНОВ*

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Российская Федерация*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

*Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

*Е. М. МИХАЙЛЮТА*

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Российская Федерация*

Современные системы управления движением поездов (СУДП) в части подсистем автоматического и автоматизированного регулирования движения поездов не имеют возможности учета технического состояния объектов железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава на все 100 % (реализованы только некоторые функции такого учета) [1]. Однако опыт эксплуатации железных дорог показывает, что для многих объектов железнодорожной инфраструктуры важно получать непрерывные данные о состоянии и учитывать их не только при организации системы технического обслуживания, но и при управлении движением поездов. Ряд объектов железнодорожной инфраструктуры оборудуется системами мониторинга инженерных конструкций и сооружений (СМИК и СМИС) [2, 3]. Данные системы позволяют собирать информацию об объекте диагностирования и выдавать ее пользователю. Они не способны на современном этапе развития с близкой к единице достоверностью ставить диагноз и решать задачи определения генеза и прогноза [4]. Но в ближайшем будущем неизбежна интеграция СМИК и СУДП, что особенно актуально для обеспечения безопасности движения поездов на грузонапряженных линиях железных дорог и высокоскоростных магистралях [5, 6].

В своих предыдущих исследованиях авторы разработали математическую модель надежности, учитывающую информационное сопряжение СМИК и СУДП [7, 8], а также предложили различные варианты организации такого сопряжения [9]. Опишем здесь более детально два способа информационного сопряжения. Они приведены на рисунках 1 и 2.

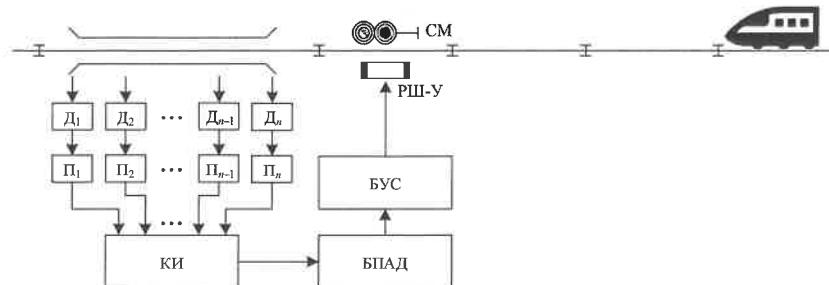


Рисунок 1 – Укрупненная архитектура информационного сопряжения СМИК и СУДП через светофор мониторинга

На рисунке 1 приведена укрупненная архитектура организации информационного сопряжения СМИК и СУДП. В ней условным объектом диагностирования является мостовое сооружение (хотя, это может быть любой объект железнодорожной инфраструктуры, для которого требуется непрерывный мониторинг состояния). Мостовое сооружение оснащается датчиками СМИК ( $D_1, D_2, \dots, D_{n-1}, D_n$ ). Состав датчиков уточняется на этапе проектирования СМИК. Данные с датчиков поступают на преобразователи  $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_{n-1}, \Pi_n$  (часть преобразователей может отсутствовать, если имеются цифровые датчики). Далее данные собираются и хранятся в концентраторе информации (КИ). Это типовая архитектура подсистемы сбора и хранения данных любой системы мониторинга [10]. Для обработки данных используется безопасная платформа аналитики данных (БПАД). Именно она предназначена для постановки диагноза, формирования генеза и прогноза с генерацией сценариев управления и процессом движения поездов, и самим объектом мониторинга. БПАД реализует алгоритмы диагностирования и вырабатывает сигнал для передачи его машинистам движущихся на участке поездов и поезвному диспетчеру. Через безопасное устройство сопряжения (БУС) передается сигнал на управление специальным светофором мониторинга (СМ). Такого светофора в настоящее время не существует (поэтому авторы обозначили его нестандартным образом), однако его можно реализовать по аналогии со светофорами в системах контроля нагрева буксовых узлов и внести в инструкцию по сигнализации. Данный светофор нормально погашен. Он передает машинисту информацию о состоянии объекта диагностирования и в предложенном авторами варианте имеет два сигнальных показания: включение красного показания требует остановки поезда, включение желтого показания требует особого внимания при проследовании объекта диагностирования с уменьшенной скоростью. В такой реализации нет прямого влияния на алгоритмы СУДП (обратите внимание на то, что на рисунке специально не показаны светофоры автоблокировки).

Другим вариантом информационного сопряжения СМИК и СУДП является увязка через БУС с системой автоблокировки, установленной на железнодорожной линии (рисунок 2). В этом случае данные от СМИК поступают в транспортабельный модуль автоблокировки (ТМ АБ) или же на пост электрической централизации близлежащей станции. В ТМ АБ обустраивается станив для оборудования информационного сопряжения, где, помимо прочего, используется реле искусственного занятия рельсовой цепи, пролегающей через объект мониторинга (ИЗ РЦ-М). В случае фиксации критических нарушений БПАД вырабатывает сигнал на включение реле ИЗ РЦ-М. Это позволяет непосредственно влиять на алгоритмы управления движением поездов на линии. И здесь уже реализуется учет состояния объекта диагностирования при проследовании поезда. Однако не реализуется интеллектуальный режим управления со снижением скорости движения, а введена функция остановки поезда. Следующим шагом является введение логических зависимостей для использования желтого сигнального показания. В текущей концепции СУДП со снижением скоростей через красное сигнальное показание на расположенном впереди светофоре, ограждающем занятый блок-участок, напрямую это не реализовать (нельзя включить желтое сигнальное показание при зеленом показании на расположенном впереди светофоре).

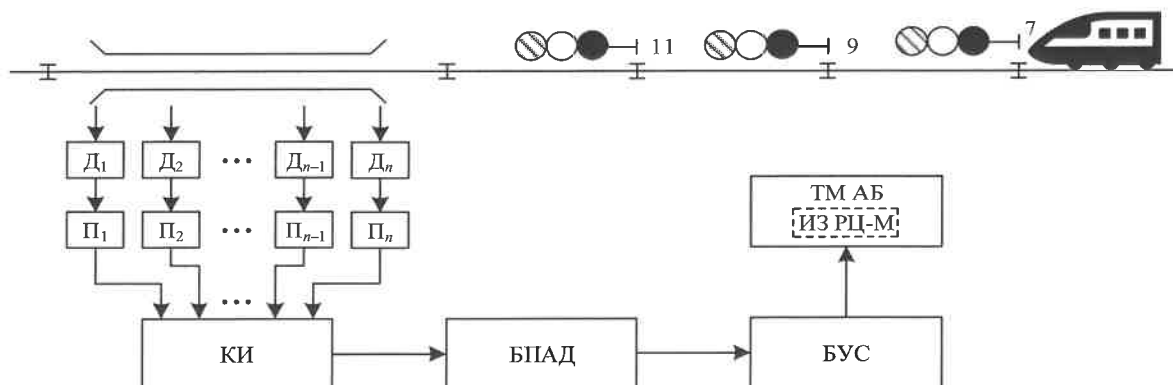


Рисунок 2 – Укрупненная архитектура информационного сопряжения СМИК и СУДП через автоблокировку

Здесь следует отметить, что при непосредственном сопряжении СМИК и СУДП с влиянием первой на процесс регулирования движения поездов обе системы должны отвечать требуемым уровням полноты безопасности [11]. Поэтому должны быть проработаны принципы реализации

безопасного решения по СМИК специально для железнодорожных приложений.

Предложенные способы информационного сопряжения СМИК и СУДП могут эффективно использоваться на практике при особой проработке технических решений, реализующих их. В будущем подобное решение может являться частью интеллектуальной системы управления движением поездов, основное ядро которой описано в [12].

#### Список литературы

- 1 Theeg, G. Railway Signalling & Interlocking / G. Theeg, S. Vlasenko. – 3ed Ed. – Germany : Leverkusen PMC Media House GmbH, 2020. – 552 p.
- 2 РЖД: мост с первой инновационной системой непрерывного мониторинга и подключением к управлению заградительным сигналом // Мостовые сооружения. XXI век. – 2021. – № 4 (51). – С. 18–19.
- 3 Мячин, В. Н. Мониторинг инженерных сооружений на транспортном переходе через Керченский пролив / В. Н. Мячин, Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий // Транспорт Российской Федерации. – 2023. – № 5–6. – С. 20–24.
- 4 Махонько, А. А. Особенности системы мониторинга вантового моста через петровский канал в створе автомобильной дороги «западный скоростной диаметр» в Санкт-Петербурге / А. А. Махонько // Путь навигатор. – 2023. – № 56(82). – С. 68–77.
- 5 Ефанов, Д. В. Интеграция систем непрерывного мониторинга и управления движением на железнодорожном транспорте / Д. В. Ефанов // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 4. – С. 62–65.
- 6 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.
- 7 Ефанов, Д. В. Управление надёжностью и безопасностью перевозочного процесса с применением систем непрерывного мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры / Д. В. Ефанов, Е. М. Михайлюта // Мир транспорта. – 2023. – Т. 21, № 2 (105). – С. 84–94. – DOI: 10.30932/1992-3252-2023-21-2-10.
- 8 Efanov, D. V. Reliability Models for a Safe Train Traffic Control Systems Accounting the Railway Infrastructure States / D. V. Efanov, E. M. Mikhailiuta, V. V. Khóroshev // Proceedings of 6th International Russian Automation Conference (RusAuto-Con), Sochi, Russia, September 10–16, 2023. – P. 266–270. – DOI: 10.1109/RusAutoCon58002.2023.10272854.
- 9 Ефанов, Д. В. Технологии увязки систем мониторинга искусственных сооружений железных дорог с системами управления движением поездов / Д. В. Ефанов, Е. М. Михайлюта // Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию БелИИЖТа – БелГУТа (16–17 ноября 2023 г.) : в 2 ч. Ч. 1 / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2023. – С. 210–211.
- 10 Ефанов, Д. В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : [монография] / Д. В. Ефанов. – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 171 с.
- 11 Шубинский, И. Б. Функциональная безопасность систем управления на железнодорожном транспорте / И. Б. Шубинский, Е. Н. Розенберг. – М. : Инфра-Инженерия, 2023. – 360 с.
- 12 Кокурин, И. М. Интеллектуальная система управления движением поездов на основе автоматизации диспетчерского регулирования и центрального автоведения / И. М. Кокурин // Автоматика на транспорте. – 2018. – Т. 4, № 3. – С. 305–314.

УДК 621.373.826

## ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПРОВОДНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

*Л. М. ЖУРАВЛЕВА, С. С. АЛИЕВ, Д. Х. ЧЫОНГ, М. А. НИЛОВ*  
*Российский университет транспорта (МИИТ). г. Москва*

При создании телекоммуникационных сетей большое внимание уделяется обеспечению устойчивой связи с подвижными объектами. Для связи с подвижными объектами необходимы беспроводные каналы. Такие каналы организуются с помощью радиосвязи и атмосферной оптической связи, которые отличаются друг от друга диапазоном длин волн. Каждый из этих диапазонов имеет свои преимущества, недостатки и области применения. Так, использование радиоканалов позволяет охватить большую территорию и при определенных условиях гарантировать устойчивое двустороннее соединение. Однако необходимо учитывать вопросы электромагнитной совместимости и влияние помех.

В последнее время расширились области применения беспроводной оптической связи в инфракрасном диапазоне. Это объясняется прежде всего устойчивостью к электромагнитным помехам и простотой инсталляции оборудования (рисунок 1).