

## *Из истории автоматике*

УДК 681.518.5+656.25

**Д. В. Ефанов, канд. техн. наук**

Кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I

### **СТАНОВЛЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

Системы функционального контроля и мониторинга позволяют повысить надежность и безопасность устройств железнодорожной автоматике и телемеханики. Они прошли путь совершенствования от систем диспетчерского контроля с ограниченным количеством контролируемых дискретных параметров до аппаратно-программных комплексов с функциями автоматизированного анализа диагностической информации и развивающимся искусственным интеллектом. В статье освещаются вопросы становления, развития и перспективы совершенствования систем функционального контроля и мониторинга устройств железнодорожной автоматике и телемеханики. Определено место систем функционального контроля и мониторинга среди систем железнодорожной автоматике и телемеханики. Отмечены ключевые исторические даты развития систем функционального контроля и мониторинга, указываются сведения о системах основных производителей. Рассматривается необходимость создания ситуационных центров для мониторинга технического состояния устройств управления движением поездов. В статье можно найти достаточно развернутые рассуждения на тему развития систем функционального контроля и мониторинга железнодорожной автоматике и телемеханики, затрагивающие как реалии, так и перспективные технические решения для ближайшего будущего.

железнодорожная автоматика и телемеханика; диспетчерский контроль; функциональный контроль; мониторинг; прогнозирование; системы технического диагностирования и мониторинга

#### **Введение**

Высокий уровень надежности и безопасности современных систем управления движением поездов обеспечивается за счет целого комплекса мер: конструктивного исполнения элементов, исключая опасные отказы; резервирования блоков и узлов; применения самопроверяемых устройств, входящих в схемные

решения систем управления; мероприятий по периодическому обслуживанию устройств, находящихся в эксплуатации, и т. д. [1–3]. Важную роль в работе современного железнодорожного транспорта играют системы функционального контроля и мониторинга, или системы технического диагностирования и мониторинга (СТДМ). Они предназначены для автоматизированного измерения параметров устройств автоматического управления, сбора диагностической информации, ее хранения, обработки, выдачи информационных сообщений о техническом состоянии контролируемых устройств, прогнозируемых изменениях в их работе [4–6].

СТДМ организуются для получения информации о различных объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта, в том числе для средств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ). СТДМ ЖАТ – это надстраиваемые средства превентивного мониторинга, являющиеся, по сути, совокупностью пассивных средств технического диагностирования и средств обработки получаемых от них данных. СТДМ ЖАТ позволяют автоматизировать задачу измерения некоторых рабочих параметров устройств управления движением поездов, а следовательно, процесс их технического обслуживания и снизить влияние человеческого фактора на работу устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) [7–14].

СТДМ ЖАТ являются усовершенствованным вариантом систем диспетчерского контроля технического состояния устройств электрических централизаций и систем управления движением поездов на перегонах на релейной основе. Релейные системы ЖАТ до сих пор являются доминирующим классом систем управления движением поездов на железных дорогах Российской Федерации (доля релейных систем ЖАТ – примерно 95 % [15]). Современные СТДМ ЖАТ легко контактируют с любыми системами управления движением поездов на микроэлектронной и микропроцессорной основе. СТДМ – это системы верхнего уровня в иерархии систем ЖАТ, позволяющие в автоматизированном режиме «следить» за техническим состоянием устройств управления движением поездов.

## 1 От систем диспетчерского контроля к системам мониторинга

Первые системы, позволяющие передавать на центральный пост информацию с децентрализованного объекта управления на железнодорожном транспорте, возникли на железных дорогах СССР. В 1934 г. инженер Д. С. Спасский изобрел «устройство для подачи сигналов с линии на диспетчерский пункт» [16]. Уже в 1935 г. стали появляться первые американские патенты на изобретение устройств диспетчерского контроля. Развитие науки и техники во второй половине XX в. привело к созданию первых прототипов СТДМ ЖАТ (естественно, в те годы данные системы такого названия не имели) – систем диспетчерского контроля.

В 1949 г. Всесоюзный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта разработал первую систему диспетчерского контроля, получившую название ДК-ЦНИИ-49. В период 1949–1951 гг. ею был оборудован опытный участок Тула – Пахомово протяженностью 53 км Московско-Курской железной дороги (примечательно, что спустя ровно 50 лет на этом же объекте будет внедрена первая микропроцессорная система диспетчерского контроля под названием «Аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля» [17]). С 1951 г. началось активное внедрение первой системы диспетчерского контроля на железных дорогах СССР.

В 1957 г. Всесоюзный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта усовершенствовал свою систему диспетчерского контроля и создал быстродействующую систему диспетчерского контроля (БДК-ЦНИИ-57). Система стала активно тиражироваться на советских железных дорогах. В 1966 г. была создана еще одна система диспетчерского контроля, работающая с применением частотного принципа передачи информации – система ЧДК [16]. К 70-м гг. XX в. системами диспетчерского контроля было оборудовано более 50 тыс. км железных дорог СССР [6].

Первые СТДМ ЖАТ (системы диспетчерского контроля) имели возможность получения ограниченного количества диагностической информации – ими контролировались только дискретные параметры устройств СЦБ – свобода/занятость рельсовых цепей, открытие/закрытие светофоров, положение стрелок, состояния переездов и т. п. Более того, мощность множества передаваемой информации была ограничена (например, в системе ЧДК общее количество контролируемых объектов – 480).

16 декабря 1947 г. физики компании Bell Labs Уолтер Браттейн и Джон Бардин создали первый в мире работоспособный точечный транзистор. Это событие перевернуло мир техники, в том числе используемой на железнодорожном транспорте. Транзисторная техника начала активно развиваться, стали появляться транзисторы на кремнии, затем логические элементы, микросхемы и микропроцессоры. Сегодня именно они являются элементной базой СТДМ ЖАТ. Использование аналогово-цифровых преобразователей дало возможность получения непрерывной диагностической информации (напряжения, токи, сопротивления и т. д.), стал возможным не только «диспетчерский контроль», но и прогнозирование технического состояния [18].

В 80-е гг. XX в. на кафедре «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта под руководством А. В. Гриненко проводятся первые работы по автоматизации измерений параметров устройств СЦБ [17]. Первые прототипы современных СТДМ ЖАТ были получены в лабораториях кафедры в 1994 г. В 1996 г. в Чудовской дистанции сигнализации и связи Октябрьской железной дороги впервые был внедрен «Аппаратно-программный комплекс диспетчера дистанции сигнализации и связи» (АРМ-ШЧД). Новая система, названная разработчиками

«Аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля» (АПК-ДК) стала активно развиваться и внедряться на Восточно-Сибирской железной дороге. Параллельно разработкой аналогичного средства технического диагностирования занимался институт по проектированию сигнализации, централизации, связи и радио на железнодорожном транспорте «Гипротрансигналсвязь» – филиал АО «Росжелдорпроект». Впоследствии эту систему назвали «Автоматизированная система диспетчерского контроля» (АСДК) [19, 20].

В 1999 г. систему АПК-ДК внедрили на станции Тула Московской железной дороги. Этому событию способствовали научные сотрудники кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения А. В. Гриненко и Б. Л. Горбунов [17]. Чуть позже на базе научных лабораторий кафедры были созданы предприятия ООО «Компьютерные информационные технологии» и ЗАО «МГП “ИМСАТ”», функционирующие до сих пор.

В 2001 г. были изданы первые методические указания по проектированию АПК-ДК. Можно сказать, образовался новый класс устройств СЦБ – систем автоматизированного контроля и технического диагностирования (рис. 1).

В 2002 г. в Ростове-на-Дону научно-производственным предприятием «Юг-промавтоматизация» была создана «Автоматизированная система диагностирования и контроля устройств сигнализации, централизации и блокировки» (АДК-СЦБ). Сегодня системы АПК-ДК, АСДК, АДК-СЦБ – это основные СТДМ ЖАТ, действующие на железных дорогах России (см. таблицу) [6]. Данные системы конкурируют между собой, будучи внедренными на различных полигонах. Например, основной объект внедрения АДК-СЦБ – Северо-Кавказская железная дорога [21–23], система АПК-ДК, к слову, внедрена на всех железных дорогах России [24]. На некоторых железных дорогах даже в пределах одной дистанции действует несколько СТДМ ЖАТ.

Для централизации процесса обработки диагностической информации с линейных постов данные передаются в концентраторы информации центральных



**Рис. 1.** Системы железнодорожной автоматики и телемеханики

## Основные показатели систем технического диагностирования и мониторинга

Критерии сравнения	Системы удаленного контроля состояния устройств железнодорожной автоматики и телемеханики						
	ЧДК, ДК-ЦНИИ	АПК-ДК СТДМ	АСДК	АПК-ДК	АДК-СЦБ	КДК-СУ	
Производитель	ВНИИЖТ	Кафедра АТ совместно с ООО «КИТ»	Институт ГТСС совместно с ООО «Сектор»	Кафедра АТ совместно с ЗАО «МГП «ИМСАТ»»	НПП ЮГПА	ОАО «НИИАС»	
Город	Москва	Санкт-Петербург	Санкт-Петербург	Санкт-Петербург	Ростов-на-Дону	Ростов-на-Дону	
Год внедрения	50–70 гг. XX в.	1997	1997	2000	2002	2002	
Объекты внедрения	Железные дороги СССР	15 железных дорог РФ, в т. ч. Октябрьская, Московская, Северная	3 железные дороги РФ: Юго-Восточная, Горьковская, Куйбышевская	5 железных дорог РФ, в т. ч. Калининградская, Забайкальская, Дальневосточная	6 железных дорог РФ, в т. ч. Северо-Кавказская, Свердловская, Западно-Сибирская	Сортировочные горки на ж. д. РФ, в т. ч. станции Бекасово-Сортировочное, Красноярск-Восточный, Санкт-Петербург-Московская-Сортировочная	
Километраж покрытия ж. д., не менее	60 000	5000	2000	3000	2000	–	
Структура	Иерархическая, трехуровневая	Иерархическая, трехуровневая	Иерархическая, двухуровневая	Иерархическая, трехуровневая	Иерархическая, трехуровневая	Иерархическая, двухуровневая	
АРМ отображения информации	АРМ ПШН	КЗ «Мониторинг»	АРМ АСДК	АРМ АПК-ДК	АРМ ДК ПШН	АРМ КДК СУ	

Окончание таблицы

Критерии сравнения	Системы удаленного контроля состояния устройств железнодорожной автоматики и телемеханики					
	ЧДК, ДК-ЦНИИ	АПК-ДК СТДМ	АСДК	АПК-ДК	АДК-СЦБ	КДК-СУ
Уровень автоматизации процесса анализа диагностической информации	Отсутствует			Средний		Высокий
Полнота контроля	Низкая: только дискретная информация о состоянии светофоров и рельсовых цепей			Высокая: состояние объектов, ячеек технологического назначения, самодиагностирование, аналоговые измерения		
Контроль дискретной информации	+	+	+	+	+	+
Контроль аналоговой информации	-	+	+	+	+	+
Возможности прогнозирования и автоматизации технического обслуживания	-	+	+	+	+	+
Наличие интегрированных систем поддержки принятия решений	-	-	-	-	-	+

постов, расположенных в зданиях дистанций СЦБ, а затем – в специальные ситуационные центры – центры мониторинга [25–27]. Первый такой центр начали строить в 2003 г. в Санкт-Петербурге – центр мониторинга Октябрьской железной дороги (рис. 2). В 2007 г. он был сдан в эксплуатацию. Сотрудники центра мониторинга анализируют диагностическую информацию, получаемую от устройств ЖАТ (возникающие инциденты). За годы работы центра мониторинга удалось сократить количество отказов более чем в два раза [28].

К концу первого десятилетия XXI в. ситуационные центры были спроектированы на многих железных дорогах – Западно-Сибирской, Северо-Кавказской, Московской и Куйбышевской [17].

Современные СТДМ ЖАТ постоянно совершенствуются: создаются новые измерительные контроллеры, улучшаются каналы передачи информации, повышается надежность самих элементов СТДМ ЖАТ, используются логические методы обработки диагностической информации, минимизируется количество измерительного оборудования и соответственно стоимость самой СТДМ ЖАТ и т. д. [29–41]. К началу второго десятилетия XXI в. руководители железных дорог пришли к важному выводу о необходимости комплексного анализа диагностической информации от всех объектов инфраструктуры железных дорог и, прежде всего, от объектов путевого хозяйства, хозяйства автоматики и телемеханики



**Рис. 2.** Первый центр мониторинга устройств ЖАТ

и хозяйства энергоснабжения. Стали создаваться ситуационные центры, куда стекается информация от систем автоматизированного диагностирования различных объектов инфраструктуры железных дорог [42].

Эксплуатация ситуационных центров подразумевает не только анализ работы средств обеспечения безопасности движения поездов, но и координацию действий технического персонала дистанций СЦБ по поддержанию высокого уровня отказоустойчивости средств автоматики. В свою очередь, функционирование центра мониторинга с расширением области покрытия железных дорог средствами технического диагностирования и мониторинга приближает переход к прогрессивному методу обслуживания устройств ЖАТ по состоянию.

СТДМ ЖАТ внедряются не только на магистральных железных дорогах, но и на сортировочных горках и в метрополитенах. Например, Ростовским отделением ОАО «НИИАС» с 2002 г. создается система «Контрольно-диагностический комплекс устройств сортировочных горок» (КДК-СУ), ориентированная только на автоматизацию и механизацию сортировочных процессов, а также диагностирование устройств автоматики, обеспечивающих данные процессы [43, 44]. В 2010 г. был согласован проект оборудования станций «Парнас» и «Спасская» Петербургского метрополитена средствами автоматизированного технического диагностирования АПК-ДК. В 2012 г. система АПК-ДК на первых объектах мониторинга в метрополитенах Российской Федерации была введена в постоянную эксплуатацию [45, 46].

В начале XXI в. различные СТДМ ЖАТ развиваются в одинаковых направлениях. Каждая из СТДМ реализует концепцию технического диагностирования и мониторинга устройств ЖАТ, которую можно сформулировать так: повышение отказоустойчивости и ремонтпригодности устройств железнодорожной автоматики достигается за счет непрерывного процесса диагностирования, обработки и автоматизированного анализа информации от объектов контроля.

Реализация СТДМ концепции технического диагностирования и мониторинга позволяет решать все задачи технической диагностики, при этом обеспечиваются [47, 48]:

- контроль технического состояния устройств ЖАТ с возможностью фиксации отклонений их рабочих параметров от допустимых норм;
- сокращение количества отказов благодаря выявлению момента их зарождения на стадии предотказного состояния;
- контроль качества технического обслуживания, а в некоторых случаях – и его автоматизация;
- создание предпосылок к переходу на техническое обслуживание устройств по их фактическому состоянию;
- сокращение времени на поиск неисправностей и восстановление работоспособного состояния устройств ЖАТ;
- архивация, хранение, восстановление событий и сбор статистической информации.

## 2 Перспективы совершенствования систем мониторинга

СТДМ ЖАТ, шагнувшие из XX в XXI век и имеющие более чем полувековую историю, несомненно являются полезными и необходимыми средствами повышения отказоустойчивости устройств управления движением поездов, а также средствами, облегчающими поиск возникшей неисправности. Системы ЖАТ, не имеющие встроенного уровня самодиагностирования или установленных измерительных контроллеров ЖАТ, кажутся сегодня средствами обеспечения безопасного движения поездов, не защищенными от возникновения отказов (пусть в большинстве своем и защитных). По-прежнему велико участие человека в поддержании высокого уровня отказоустойчивости средств СЦБ. Однако нельзя забывать, что только с повышением уровня автоматизации процессов управления и контроля технического состояния средств управления возможно повышение эффективности и безопасности самих систем, реализующих ответственные технологические процессы, к которым относится и перевозочный процесс на железнодорожном транспорте. СТДМ ЖАТ – это те звенья сложного механизма, которые позволяют «наблюдать» и «предсказывать» поведение устройств управления движением поездов. Такое свойство весьма полезно.

Тем не менее следует констатировать, что современные СТДМ ЖАТ далеки по надежности и качеству от действительно грамотно выстроенных систем мониторинга технического состояния. Этот факт обусловлен, в первую очередь, исторической преемственностью – переходом от систем диспетчерского контроля с минимальным количеством дискретных диагностических параметров к системам, имеющим некоторую долю аналоговых диагностических параметров. К сожалению, как во второй половине XX в., так и в первой четверти XXI в., системы мониторинга организовывались и организуются в большей степени интуитивно – выбираются наиболее простые способы получения диагностической информации, без какого-либо детального анализа необходимости ее дальнейшего целенаправленного использования. СТДМ ЖАТ в большей степени представляют собой хранилища архивной информации (модель «черного ящика» с легким доступом в случае чрезвычайной ситуации). В меньшей мере СТДМ ЖАТ напоминают развитые системы мониторинга со встроенными подсистемами поддержки принятия решения и помощи обслуживающему персоналу дистанций СЦБ. Тем не менее в «зачаточном» виде эти функции имеются, их остается только развить.

Для этого необходим пересмотр принципов получения диагностической информации. Складывается впечатление, что подход к мониторингу носит больше эмпирический, нежели научный характер. Не уделено внимание таким важным характеристикам, как полнота и глубина технического диагностирования. Этот вопрос может быть решен путем детального анализа принципиальных технических решений устройств и систем ЖАТ, с разделением их на напольное технологическое оборудование, каналообразующее оборудование и оборудование постов электрических централизаций. В настоящее время процесс диагностиро-

вания носит преимущественно косвенный характер. Например, о техническом состоянии светофора, расположенного возле железнодорожного пути, СТДМ ЖАТ судит по состоянию датчика измерительного контроллера, установленного на контакты ламп пульта-табло, или же берет данные из управляющего вычислительного комплекса микропроцессорной централизации [17].

Для оценки тестопригодности логических схем, включающих в себя большое количество реле, может быть применен подход, описанный в классической работе Р. Дж. Беннетса [49]. Сам подход, однако, требует совершенствования [50]. Целесообразно также учитывать статистические данные об отказах и вероятностные характеристики элементов автоматики. Для оценки тестопригодности логических схем ЖАТ, кроме того, могут быть использованы современные подходы [51]. Сегодня вопрос оценки тестопригодности остается открытым. Ответ на него позволит получить адекватную оценку необходимости съема того или иного диагностического параметра в схемном узле ЖАТ с учетом известных способов получения диагностической информации. Применительно к конкретной системе ЖАТ это будет первый шаг. Вторым шагом, естественно, должен быть связан с оценкой возможности подключения датчиков измерительных контроллеров в схемные узлы ЖАТ. Например, в пятипроводных схемах управления железнодорожными стрелками используется реле НМПШ1200/250, имеющее 2 контактных группы и 2 фронтальных и общих контакта; в работе задействованы все контакты, т. е. нет возможности подключения измерительного устройства к свободным контактам.

Вкупе с подходами к оценке тестопригодности логических схем разработчикам СТДМ ЖАТ следовало бы обратить внимание на теорию синтеза систем диагностирования [52–55] и методов функционального контроля логических устройств автоматики и вычислительной техники [56–64]. Применение теоретических подходов на практике позволит организовать систему более эффективно, а контроль технического состояния – обеспечить оптимальным образом с точностью до необходимого блока или узла. Сегодня аппаратные узлы средств диагностирования практически не имеют узлов самодиагностирования. Задачу их разработки можно было бы решать с применением известных подходов к организации функционального контроля и тестирования логических схем.

Для мониторинга напольного технологического оборудования и кабельной сети ЖАТ следует проработать диагностические модели со всеми особенностями входящих в них устройств и после результатов моделирования выработать рекомендации, какие именно параметры следует контролировать. Это весьма актуально, поскольку на напольное оборудование и кабельную сеть ЖАТ приходится свыше 75% отказов. Некоторые технические решения по диагностированию средств автоматического управления железнодорожных стрелок могут оказаться в будущем достаточно перспективными, например, подход, описанный в [65]. Авторы представляют к разработке измерительный контроллер, устанавливаемый в корпус стрелочного электропривода, способный по линии обогрева

передавать данные на пост электрической централизации, к контролируемым параметрам в этом случае относятся практически все места соединения проводов в приводе. Подобные устройства могут применяться и для других напольных технологических объектов ЖАТ. В перспективе передача данных может быть осуществлена по спутниковой связи.

Не контролируются сегодня проявления и другой немаловажной составляющей функционирования датчиков контроля подвижных единиц (рельсовых цепей) на линиях с электротягой – асимметрия тягового тока [66–68]. Асимметрия является причиной сбоев в работе бортового оборудования локомотивов и негативно влияет на перевозочный процесс. Например, в СТДМ ЖАТ не используются известные подходы к измерению коэффициентов асимметрии для железных дорог с электротягой переменного тока [69].

Для получения диагностической информации не следует ограничиваться только контроллерами, датчики которых позволяют получить электрические параметры устройств ЖАТ (напряжения, токи, сопротивления и т. д.). В ЖАТ и смежных хозяйствах достаточно много элементов, для которых важны и другие физические величины (например, межконтактные расстояния в автопереключателе стрелочного электропривода или расстояния между подвижными и неподвижными элементами железнодорожной стрелки). Техническое состояние можно оценивать по температуре, акустическому сигналу, для контроля расстояний возможно применение ультразвуковых датчиков [70]. Таким образом, современные СТДМ используют довольно скудный набор физических параметров для постановки диагноза и прогноза. В перспективе перечень контролируемых параметров может быть расширен.

Сегодня возникает и другая немаловажная задача (она в некотором роде идет вразрез с необходимостью развития методов контроля устройств ЖАТ) – минимизация аппаратно-программных средств технического диагностирования. Некоторые попытки ее решения, связанные с мультиплексированием измерительных каналов, описаны в [71]. При использовании данного подхода уместно говорить также о надежности коммутирующего оборудования и его стоимости. Данная проблема также актуальна, так как стоимость контрольного оборудования должна быть значительно меньше стоимости самой системы управления движением поездов. В противном случае невозможно говорить об эффективности системы диагностирования и мониторинга.

Решение обозначенной выше задачи связано с выбором периода диагностирования устройств ЖАТ, который должен определяться не интуитивно, как для некоторых измерительных контроллеров, а с учетом особенностей самих устройств ЖАТ и задач диагностики. Один из подходов к выбору периода диагностирования в микроэлектронных и микропроцессорных системах ЖАТ описан в [72].

Нельзя оставлять без внимания и совершенствование трактов передачи данных – переход от передачи диагностической информации по кабелям ЖАТ и ви-

тым парам к оптоволоконной, радио- и спутниковой связи. Последнее было бы максимально удобно при передаче данных с перегонного напольного оборудования СЦБ (светофоры, сигнальные точки светофоров при релейных АБ, путевые коробки и ящики устройств СЦБ и т. д.).

Кроме того, нельзя обойти вниманием проблему проектирования и внедрения СТДМ ЖАТ. Сам этот процесс достаточно трудоемок и требует реализации целого ряда шагов:

- составления технического задания, где указываются все требования к СТДМ ЖАТ;
- выбора контрольных точек в схемных решениях ЖАТ;
- выбора видов измерительных контроллеров и их монтаж в схемные узлы;
- настройки программного обеспечения первичной обработки диагностической информации измерительными контроллерами;
- разработки «программной оболочки» для вывода результатов мониторинга (технологические окна АРМ с привязками номеров контроллеров и их датчиков к конкретным диагностическим параметрам);
- тестирования программного обеспечения.

В современных СТДМ ЖАТ практически не автоматизирован процесс проектирования и не используются средства САД (computer-aided design), хотя разработка технологических окон для АРМ технолога и присвоение объектам, расположенным в них, номеров измерительных контроллеров и датчиков могут осуществляться автоматически. Вполне реально, что в будущем, исходя из требований заказчика, по схематическому плану станции и принципиальным схемным решениям ЖАТ будет предоставляться полный «пакет» документов проектировщика СТДМ. В области ЖАТ так, например, реализуют АРМ проектировщиков систем управления движением поездов на станции и перегоне [73].

Немаловажным в развитии СТДМ ЖАТ является использование в работе web-приложений. До сих пор все АРМ СТДМ ЖАТ являются стационарными и неудобными в использовании, так как требуют присутствия единственного пользователя персонального компьютера и навыков работы с программными средствами систем мониторинга. Более перспективным является использование web-интерфейса СТДМ ЖАТ и мобильных приложений АРМ мониторинга. Идеи о создании подобного приложения высказывались давно, однако один из первых эффективно функционирующих web-интерфейсов был реализован только в начале 2014 г. (подробно описан в [74, 75]). АРМ мониторинга в виде приложения легко устанавливается на любое портативное устройство, будь то смартфон, планшет или ноутбук. Благодаря возможности установки ретрансляторов можно использовать портативное устройство с открытым на нем web-интерфейсом системы диагностирования в любом месте станции. В этом случае пользователь получает громадные преимущества: мобильность позволяет иметь доступ к результатам мониторинга непосредственно с рабочего места (из релейного помещения или напольного объекта СЦБ); облегчается поиск неис-

правностей; становится возможным коллективное использование программы мониторинга. Все это не требует больших капиталовложений. Следует отметить, что идея web-интерфейса была также использована разработчиками системы СТД-МПК [76].

В будущем возможно налаживание SMS-информирования пользователя СТДМ ЖАТ о возникающих неисправностях в процессе их функционирования. Конечно, это произойдет только при совершенствовании методов технического диагностирования и мониторинга с минимизацией вероятности постановки неверного диагноза и прогноза. Тем не менее современные СТДМ ЖАТ от этого только выиграли бы, поскольку информация о наиболее важных событиях в работе устройств СЦБ была бы своевременной, а значит, технический персонал имел бы достаточно времени на принятие мер по обеспечению отказоустойчивости систем управления движением поездов.

К середине второго десятилетия XXI в. СТДМ ЖАТ покрыто свыше 10% железных дорог Российской Федерации, установлено большое количество измерительных контроллеров, концентраторов информации, программного обеспечения, созданы целые бригады обслуживания самих систем контроля и т. д. СТДМ образовали новый класс устройств ЖАТ. В их работу вовлечено огромное количество технического персонала дистанций СЦБ и ситуационных центров, что, конечно же, является недостатком. В противном случае, сотрудники дистанций СЦБ и ситуационных центров будут следить за самими «системами слежения», а не за устройствами, реализующими безопасный перевозочный процесс.

## Заключение

Интеллектуализация железнодорожного транспорта повлекла за собой создание таких важных средств поддержания отказоустойчивости устройств управления движением поездов, как системы их функционального контроля и мониторинга. Они известны с 1949 г. и в усовершенствованном виде существуют по сей день. Их диапазон контроля за более чем полувековую историю от узкого набора дискретных параметров СТДМ ЖАТ расширился до огромного количества диагностических параметров. Сегодня СТДМ представляют собой отдельный класс средств автоматики, пользователями которых являются как электромеханики, диспетчеры дистанций СЦБ и технологи ситуационных центров, так и сотрудники руководящих звеньев. Для работы с СТДМ ЖАТ создаются целые бригады технического персонала, которые обслуживают их наравне с системами ЖАТ, обеспечивающими реализацию перевозочного процесса.

СТДМ ЖАТ удобны в эксплуатации и несомненно приносят ощутимый эффект, позволяя «следить» за развивающимися неисправностями в системах управления движением поездов. Однако современные СТДМ ЖАТ довольно

далеки от по-настоящему грамотно выстроенных систем функционального контроля и мониторинга. Хорошую перспективу имеют такие направления, как минимизация аппаратурной избыточности по сравнению с действующими системами ЖАТ, повышение надежности оборудования и самого процесса мониторинга, использование измерительных контроллеров, работающих с неэлектрическими параметрами. Отдельно следует отметить необходимость проработки теоретической базы создания СТДМ ЖАТ.

Для современных систем управления движением поездов на микроэлектронной и микропроцессорной основе следует предусматривать расширенный уровень самодиагностирования (как в напольном технологическом оборудовании, так и в постовых устройствах). Информацию о ключевых характеристиках системы ЖАТ следует передавать в дистанции СЦБ и ситуационные центры. Это позволит не только минимизировать затраты на строительство и эксплуатацию СТДМ ЖАТ, но и интегрировать диагностические комплексы в сами системы управления (по аналогии с системами SCADA). Не исключено, что в будущем СТДМ ЖАТ будут в числе звеньев в процессе адаптивного управления движением поездов на железных дорогах Российской Федерации.

## Библиографический список

1. Сапожников Вал. В. Самопроверяемые дискретные устройства / Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников. – СПб. : Энергоатомиздат, 1992. – 224 с.
2. Гавзов Д. В. Методы обеспечения безопасности дискретных систем / Д. В. Гавзов, Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Автоматика и телемеханика. – 1994. – № 8. – С. 3–50.
3. Сапожников Вал. В. Методы построения безопасных микроэлектронных систем железнодорожной автоматики / Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Х. А. Христов, Д. В. Гавзов. – М. : Транспорт, 1995. – 272 с.
4. Федорчук А. Е. Новые информационные технологии : автоматизация технического диагностирования и мониторинга устройств ЖАТ (система АДК-СЦБ) : учебник для вузов ж.-д. транспорта / А. Е. Федорчук, А. А. Сепетый, В. Н. Иванченко. – Ростов н/Д : РГУПС, 2008. – 444 с.
5. Молодцов В. П. Системы диспетчерского контроля и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : учеб. пособие / В. П. Молодцов, А. А. Иванов. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2010. – 140 с.
6. Ефанов Д. В. Основы построения и принципы функционирования систем технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : учеб. пособие / Д. В. Ефанов, А. А. Лыков. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2012. – 59 с.
7. Брейдо А. И. Организация обслуживания железнодорожных устройств автоматики и связи / А. И. Брейдо, В. А. Овсянников. – М. : Транспорт, 1983. – 209 с.
8. Техническая эксплуатация устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики : учеб. пособие для вузов ж.-д. транспорта / Вл. В. Сапожников,

- Л. И. Борисенко, А. А. Прокофьев, А. И. Каменев ; под ред. Вл. В. Сапожникова. – М.: Маршрут, 2003. – 336 с.
9. Шаманов В. И. Совершенствование системы технического обслуживания устройств автоматики / В. И. Шаманов, А. В. Пультяков // Автоматика, связь, информатика. – 2008. – № 12. – С. 13–16.
  10. Шабалин А. Н. Новая технология обслуживания устройств СЦБ / А. Н. Шабалин // Автоматика, связь, информатика. – 2009. – № 12. – С. 23–24.
  11. Абрамов О. В. Мониторинг и прогнозирование технического состояния систем ответственного назначения / О. В. Абрамов // Информатика и системы управления. – 2011. – № 2. – С. 4–15.
  12. Вотолевский А. Л. АСУ и технологии обслуживания устройств ЖАТ / А. Л. Вотолевский // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 10. – С. 36–42.
  13. Вотолевский А. Л. Внедрение автоматизированной технологии обслуживания устройств ЖАТ / А. Л. Вотолевский, Е. М. Шандин // Автоматика, связь, информатика. – 2009. – № 2. – С. 8–11.
  14. Вотолевский А. Л. Проектирование дорожных центров мониторинга устройств ЖАТ / А. Л. Вотолевский // Автоматика, связь, информатика – 2012. – № 6. – С. 10–11.
  15. Сапожников Вал. В. Применение кодов с суммированием при синтезе систем железнодорожной автоматики и телемеханики на программируемых логических интегральных схемах / Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Д. В. Ефанов // Автоматика на транспорте. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 84–107.
  16. Сороко В. И. Автоматика, телемеханика, связь и вычислительная техника на железных дорогах России : энциклопедия : в 2 т. Т. 1 / В. И. Сороко, В. М. Кайнов, Г. Д. Казиев ; под ред. В. И. Сороко. – М. : НПФ «Планета», 2006. – 736 с.
  17. Кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения в XX – начале XIX в. / Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников [и др.]. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2009. – 346 с.
  18. Гаскаров Д. В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры / Д. В. Гаскаров, Т. А. Голинкевич, А. В. Мозгалевский ; под ред. Т. А. Голинкевича. – М. : Советское радио, 1974. – 224 с.
  19. Аверкиев С. А. АСДК : Развитие и совершенствование системы / С. А. Аверкиев, С. С. Морозов // Автоматика, связь, информатика. – 2003. – № 7. – С. 35–36.
  20. Ребенок Г. В. Диагностическая аппаратура АСДК / Г. В. Ребенок // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 5. – С. 34–35.
  21. Сепетый А. А. Диагностика и мониторинг на Северо-Кавказской дороге / А. А. Сепетый // Автоматика, связь, информатика. – 2008. – № 6. – С. 6–9.
  22. Сепетый А. А. Интегрированная система технического диагностирования и мониторинга линейных устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / А. А. Сепетый, А. Е. Федорчук // Информатизация и связь. – 2013. – № 2. – С. 80–86.
  23. Сепетый А. А. Мониторинг объектов инфраструктуры в СТДМ АДК-СЦБ / А. А. Сепетый, И. А. Фарапонов, А. А. Карпов // Автоматика, связь, информатика. – 2014. – № 12. – С. 33–35.

24. Нестеров В. В. Развитие систем СТДМ, АСУ-Ш-2 и АОС-ШЧ / В. В. Нестеров // Автоматика, связь, информатика. – 2012. – № 12. – С. 45–46.
25. Шабалин А. Н. Центр технической диагностики и мониторинга на Октябрьской дороге / А. Н. Шабалин, Г. Ф. Насонов, П. А. Капуста // Автоматика, связь, информатика. – 2007. – № 5. – С. 23–25.
26. Москвина Е. А. Диагностика и мониторинг на Октябрьской дороге / Е. А. Москвина // Автоматика, связь, информатика. – 2008. – № 1. – С. 32–34.
27. Нестеров В. В. Центр диагностики и мониторинга устройств ЖАТ / В. В. Нестеров, Д. С. Першин // Автоматика, связь, информатика. – 2009. – № 1. – С. 29–31.
28. Шабалин А. Н. Результаты использования и перспективы развития передовых технологий обслуживания устройств ЖАТ / А. Н. Шабалин // Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте : сб. докладов Пятой Международной научно-практической конференции «ТрансЖАТ-2010». – Ростов н/Д, 2010. – С. 81–89.
29. Чухонин В. М. Измерение фазовых соотношений в стрелочных электроприводах с двигателями переменного тока / В. М. Чухонин, Б. Л. Горбунов // Разработка и эксплуатация новых устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики : сб. науч. тр. под ред. Вл. В. Сапожникова. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2004. – С. 21–24.
30. Измерение тока в путевых приемниках рельсовых цепей / В. М. Чухонин, Б. Л. Горбунов, А. К. Легоньков, А. С. Падалко // Автоматика и телемеханика железных дорог России. Техника, технология, сертификация : сб. науч. тр. под ред. Вл. В. Сапожникова. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2008. – С. 37–40.
31. Горишний Д. В. Алгоритм выявления зависимостей между сбоями устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Горишний, Э. А. Мамаев // Наука и техника транспорта. – 2010. – № 2. – С. 57–65.
32. Ефанов Д. В. Метод кодирования состояний диагностируемых объектов / Д. В. Ефанов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2010. – № 2. – С. 74–85.
33. Бушуев С. В. Исследование точности измерений среднеквадратических значений электрических сигналов на ограниченных интервалах времени / С. В. Бушуев, А. Н. Попов // Транспорт Урала. – 2011. – № 2. – С. 46–50.
34. Ефанов Д. В. Автоматизация контроля на стрелках / Д. В. Ефанов, Н. А. Богданов // Мир транспорта. – 2011. – № 2. – С. 54–59.
35. Годяев А. И. Система автоматизированного мониторинга параметров физических величин, оказывающих непосредственное влияние на функционирование систем обеспечения безопасности движения / А. И. Годяев, А. А. Онищенко // Вестник транспорта Поволжья. – 2012. – № 2. – С. 29–34.
36. Ефанов Д. В. Мониторинг параметров рельсовых цепей тональной частоты / Д. В. Ефанов, Н. А. Богданов // Транспорт Урала. – 2013. – № 1. – С. 36–42.
37. Волков А. А. Выявление предотказов стрелочных электроприводов / А. А. Волков, Д. С. Першин, С. Н. Григорьев // Автоматика, связь, информатика – 2014. – № 4. – С. 16–18.
38. Ефанов Д. В. Метод автоматизации проверки логики функционирования объектов диагностирования в системах удаленного контроля и мониторинга / Д. В. Ефанов // Транспорт Урала. – 2014. – № 3. – С. 58–62.

39. Чухонин В. М. Нормирование активной мощности двигателей переменного тока при переводе стрелки / В. М. Чухонин, Б. Л. Горбунов, Е. В. Басалаев // Развитие элементной базы и совершенствование методов построения устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : сб. науч. тр. под ред. Вл. В. Сапожникова. – СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. – С. 23–25.
40. Ефанов Д. В. Некоторые аспекты развития систем функционального контроля устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов // Транспорт Урала. – 2015. – № 1. – С. 35–40.
41. Иванов А. А. Новые приборы регистрации параметров устройств железнодорожной автоматики в системе АПК-ДК (СТДМ) / А. А. Иванов, К. А. Легоньков, В. П. Молодцов // Автоматика на транспорте. – 2015. – Т. 1. – № 3. – С. 282–297.
42. Москвина Е. А. Опыт организации ЦУСИ / Е. А. Москвина // Автоматика, связь, информатика. – 2013. – № 9. – С. 22–25.
43. Шелухин В. И. Автоматизация и механизация сортировочных горок : учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта / В. И. Шелухин. – М. : Маршрут, 2005. – 240 с.
44. Сачко В. И. Подсистема технического обслуживания и ремонта СЖАТ на автоматизированных сортировочных горках / В. И. Сачко, А. В. Мельников // Автоматика, связь, информатика. – 2008. – № 11. – С. 11–13.
45. Басалаев Е. Контроль параметров устройств автоматики в Петербургском метрополитене / Е. Басалаев, Б. Горбунов, Д. Ефанов // Control Engineering Россия. – 2014. – № 2 (50). – С. 54–57.
46. Ефанов Д. В. Техническое диагностирование и мониторинг устройств автоматики в метрополитенах / Д. В. Ефанов // Автоматизация в промышленности. – 2014. – № 3. – С. 4–8.
47. Ефанов Д. В. Обеспечение безопасности движения за счет технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов, П. А. Плеханов // Транспорт Урала. – 2011. – № 3. – С. 44–48.
48. Лыков А. А. Техническое диагностирование и мониторинг состояния устройств ЖАТ / А. А. Лыков, Д. В. Ефанов, С. В. Власенко // Транспорт Российской Федерации. – 2012. – № 5. – С. 67–72.
49. Беннетт Р. Дж. Проектирование тестопригодных логических схем / Р. Дж. Беннетт. – М. : Радио и связь, 1990. – 176 с.
50. Ефанов Д. В. К вопросу о тестируемости релейно-контактных схем железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов // Интеллектуальные системы на транспорте : сб. материалов V МНПК «ИнтеллектТранс-2015» ; под ред. д-ра техн. наук, проф. А. А. Корниенко. – СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2015. – С. 89–95.
51. Ланцов В. Н. Современные подходы к проектированию и тестированию интегральных микросхем / В. Н. Ланцов, С. Г. Мосин. – Владимир : Изд-во Владимирского гос. ун-та, 2010. – 285 с.
52. Пархоменко П. П. Основы технической диагностики (оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратурные средства) / П. П. Пархоменко, Е. С. Согомоян. – М. : Энергоатомиздат, 1981. – 320 с.

53. Мозгалецкий А. В. Вопросы проектирования систем диагностирования / А. В. Мозгалецкий, А. Н. Койда. – Л. : Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1985. – 112 с.
54. Согомоян Е. С. Самопроверяемые устройства и отказоустойчивые системы / Е. С. Согомоян, Е. В. Слабаков. – М. : Радио и связь, 1989. – 207 с.
55. Сапожников Вал. В. Методы построения безопасных микроэлектронных систем железнодорожной автоматики / Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Х. А. Христов, Д. В. Гавзов. – М. : Транспорт, 1995. – 272 с.
56. Сапожников Вал. В. Самопроверяемые дискретные устройства / Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников. – СПб. : Энергоатомиздат, 1992. – 224 с.
57. Сапожников Вал. В. Самодвойственные дискретные устройства / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, М. Гессель. – СПб. : Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отд-ние, 2001. – 331 с.
58. Сапожников Вал. В. Синтез самодвойственных дискретных систем / Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Р. Ш. Валиев. – СПб. : Элмор, 2006. – 224 с.
59. Гессель М. Исследование комбинационных самопроверяемых устройств с независимыми и монотонно независимыми выходами / М. Гессель, А. В. Морозов, Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Автоматика и телемеханика. – 1997. – № 2. – С. 180–193.
60. Гессель М. Логическое дополнение – новый метод контроля комбинационных схем / М. Гессель, А. В. Морозов, Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 1. – С. 167–176.
61. Гессель М. Контроль комбинационных схем методом логического дополнения / М. Гессель, А. В. Морозов, Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Автоматика и телемеханика. – 2005. – № 8. – С. 161–172.
62. Мехов В. Б. Контроль комбинационных схем на основе модифицированных кодов с суммированием / В. Б. Мехов, Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Автоматика и телемеханика. – 2008. – № 8. – С. 153–165.
63. Блюдов А. А. О кодах с суммированием единичных разрядов в системах функционального контроля / А. А. Блюдов, Д. В. Ефанов, Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Автоматика и телемеханика. – 2014. – № 8. – С. 131–145.
64. Сапожников Вал. В. Обнаружение опасных ошибок на рабочих выходах комбинационных логических схем / Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Д. В. Ефанов // Автоматика на транспорте. – 2015. – Т. 2. – № 1. – С. 195–211.
65. Ефанов Д. В. Контроль параметров стрелочных электроприводов / Д. В. Ефанов, Н. А. Богданов // Проблемы безопасности и надежности микропроцессорных комплексов : сб. тр. научно-практ. конференции под ред. Вал. В. Сапожникова. – СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2015. – С. 118–128.
66. Шаманов В. И. Электромагнитная совместимость систем железнодорожной автоматики и телемеханики / В. И. Шаманов. – М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. – 244 с.
67. Шаманов В. И. Процесс формирования асимметрии тягового тока в рельсовой линии / В. И. Шаманов // Электротехника. – 2014. – № 8. – С. 34–37.

68. Шаманов В. И. Моделирование генерации помех токами рельсовой тяговой сети / В. И. Шаманов // Автоматика, связь, информатика. – 2014. – № 10. – С. 5–9.
69. Пат. RU 2514027. Шаманов В. И., Балугев Н. Н. Способ диагностики состояния электрического сопротивления рельсовых линий в рельсовых цепях на участках с электротягой переменного тока ; опубл. 27.09.2014.
70. Иваникин М. С. Выбор ультразвукового датчика для контроля расстояний между подвижными элементами стрелочного перевода / М. С. Иваникин, Д. В. Ефанов // Проблемы безопасности и надежности микропроцессорных комплексов : сб. тр. научно-практ. конференции под ред. Вал. В. Сапожникова. – СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2015. – С. 150–157.
71. Средства технической диагностики и удаленного мониторинга СТД-МПК / А. Б. Никитин, С. В. Бушуев, К. В. Гундырев, А. В. Алексеев, С. В. Гребель, А. Н. Попов // Автоматика, связь, информатика – 2012. – № 10. – С. 6–8.
72. Сапожников Вал. В. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи : учеб. пособие для вузов ж. д. транспорта / Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, В. И. Шаманов ; под ред. Вл. В. Сапожникова. – М. : Маршрут, 2003. – 263 с.
73. Василенко М. Н., Трохов В. Г., Зуев Д. В., Седых Д. В. Развитие электронного документооборота в хозяйстве АТ // Автоматика связь, информатика. – 2015. – № 1. – С. 14–16.
74. Ефанов Д. В. Интернет-технологии в системах технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики / Д. В. Ефанов, В. В. Дмитриев, В. Г. Алексеев // Инновационный транспорт. – 2014. – № 4. – С. 28–32.
75. Ефанов Д. В. Web-интерфейс для систем мониторинга устройств ЖАТ / Д. В. Ефанов, В. В. Дмитриев, В. Г. Алексеев // Автоматика, связь, информатика – 2015. – № 1. – С. 18–19.
76. Никитин А. Б. Совершенствование диагностики систем ЖАТ / А. Б. Никитин // Автоматика, связь, информатика. – 2015. – № 11. – С. 14–15.

*Efanov Dmitry V.*

«Automation and remote Control on Railways» department  
Petersburg state transport university

### **Becoming and development prospects of concurrent error detection and monitoring systems of railway automation and remote control devices**

Concurrent error detection and monitoring systems allow to increase reliability and safety of railway automation and remote control devices. They passed the way from dispatching systems with limited number of tested digital parameters to hardware-software complexes with automated analysis of diagnostic data and upcoming artificial intelligence. The article is devoted to the problems of becoming, development and prospects for improving of

concurrent error detection and monitoring systems of railway automation and remote control devices. The position of concurrent error detection and monitoring systems among railway automation and remote control systems is determined. The key dates of concurrent error detection and monitoring systems development are stated and information about the most popular systems is specified. The problem of necessity of situation centers creation for the monitoring of technical condition of train traffic control devices is discussed. Plenty detailed considerations about railway automation and remote control concurrent error detection and monitoring systems evolution that contain realities as well as quite perspective technical solutions for the nearest future could be found in the article.

railway automation and remote control; dispatching system; concurrent error detection; monitoring; prognostication; systems of technical diagnostics and monitoring

### References

1. Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov Vl. V. Self-Checking Discrete Devices. St. Petersburg, Energoatomizdat, 1992, 224 p.
2. Gavzov D. V., Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov Vl. V. Methods of discrete systems safety provision. Automation & Remote Control, 1994, issue 8, pp. 3–50.
3. Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov Vl. V., Hristov H. A., Gavzov D. V. Methods of safety microelectronic railway automation systems design. Moscow, Transport, 1995, 272 p.
4. Fedorchuk A. E., Sepety A. A., Ivanchenko V. N. New information technologies: automation of automation of technical diagnostics and monitoring of railway automation and remote control devices (system ADK-SCB): Textbook for railway transport high schools. Rostov-on-Don, RSTU, 2008, 444 p.
5. Molodtsov V. P., Ivanov A. A. Dispatching control and railway automation and remote control monitoring systems: manual. St. Petersburg, PGUPS, 2010, 140 p.
6. Efanov D. V., Lykov A. A. Base of formation and principles of functioning of technical diagnostic and monitoring systems of railway automation and remote control devices: textbook. St. Petersburg, Petersburg State Transport University, 2012, 59 p.
7. Brejdo A. I., Ovsyannikov V. A. Organization of railway automation and remote control devices maintenance. Moscow, Transport, 1983, 209 p.
8. Sapozhnikov Vl. V., Borisenko L. I., Prokof'ev A. A., Kamenev A. I. Technical operation of railway automation and remote control devices and systems: tutorial for railway transport high schools; eds. Vl. V. Sapozhnikov. Moscow, Marshrut, 2003, 336 p.
9. Shamanov V. I., Pulyakov A. V. Development of automation devices technical maintenance system. Avtomatika, svyaz', informatica, 2008, issue 12, pp. 13–16.
10. Shabalin A. N. New technology of SCB devices maintenance. Avtomatika, svyaz', informatica, 2009, issue 12, pp. 23–24.
11. Abramov O. V. Monitoring and technical state prediction for responsible purpose systems. Computer Science & Control Systems, 2011, issue 2, pp. 4–15.
12. Votolevsky A. L. ACS and railway automation and remote control devices maintenance technologies. Avtomatika, svyaz', informatica, 2011, issue 10, pp. 36–42.

13. Votolevsky A. L., Shandin E. M. Introduction of automated railway automation and remote control devices maintenance technology. *Avtomatika, svyaz`, informatica*, 2009, issue 2, pp. 8–11.
14. Votolevsky A. L. Design of railway automation and remote control devices monitoring railway centers. *Avtomatika, svyaz`, informatica*, 2012, issue 6, pp. 10–11.
15. Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov Vl. V., Efanov D. V. Use of codes with summation in the synthesis of railway automation and remote control systems based on field-programmable gate arrays. *Automation on Transport*, 2015, vol. 1, issue 1, pp. 84–107.
16. Soroko V. I., Kajnov V. M., Kaziev G. D. Automation, remote control, communication and computer technologies on Russian railways: Encyclopedia in 2 vol., vol. 1; eds. V. I. Soroko. Moscow, NPF «Planeta», 2006, 736 p.
17. Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov Vl. V. «Automation & Remote Control on railways» department of Petersburg state transport university in XX – beginning of XXI century. St. Petersburg, PSTU, 2009, 346 p.
18. Gaskarov D. V., Golinkevich T. A., Mozgalevskii` A. V. Prognostication of technical state and reliability of radio-electronic devices; ed. by T. A. Golinkevich. Moscow, Sovetskoe radio, 1974, 224 p.
19. Averkiev S. A., Morozov S. S. ASDK: Development of the system. *Avtomatika, svyaz`, informatica*, 2003, issue 7, pp. 35–36.
20. Rebenok G. V. Diagnostic devices ASDK. *Avtomatika, svyaz`, informatica*, 2011, issue 5, pp. 34–35.
21. Sepety A. A. Diagnostics and monitoring on the North-Caucasus Railway. *Avtomatika, svyaz`, informatica*, 2008, issue 6, pp. 6–9.
22. Sepety A. A., Fedorchuk A. E. Integrated system of technical diagnostics and monitoring of railway automation and remote control field devices. *Informatizatsiia i svyaz`, 2013*, issue 2, pp. 80–86.
23. Sepety A. A., Faraponov I. A., Karpov A. A. Monitoring of infrastructure objects in STDM ADK-SCB. *Avtomatika, svyaz`, informatica*, 2014, issue 12, pp. 33–35.
24. Nesterov V. V. Development of systems STDM, ASU-Sh-2 and AOS-ShCh. *Avtomatika, svyaz`, informatica*, 2012, issue 12, pp. 45–46.
25. Shabalin A. N., Nasonov G. F., Kapusta P. A. Center of technical diagnostics and monitoring on October Railway. *Avtomatika, svyaz`, informatica*, 2007, issue 5, pp. 23–25.
26. Moskvina E. A. Diagnostics and monitoring on October Railway. *Avtomatika, svyaz`, informatica*, 2008, issue 1, pp. 32–34.
27. Nesterov V. V., Pershin D. S. Center of railway automation and remote control devices diagnostics and monitoring. *Avtomatika, svyaz`, informatica*, 2009, issue 1, pp. 29–31.
28. Shabalin A. N. Results of use and development perspectives of advanced technologies railway automation and remote control devices maintenance. Automation & Remote Control on railway transport. Proceedings of Fifth international scientific and practical conference «Trans ZHAT – 2010», Rostov-on-Don, 2010, pp. 81–89.
29. Chukhonin V. M., Gorbunov B. L. Measurement of phase shifts in point machines with AC motors. Development and operation of new railway automation and remote control

devices and systems. Collection of scientific papers edited by VI. V. Sapozhnikov. St. Petersburg, PSTU, 2004, pp. 21–24.

30. Chukhonin V. M., Gorbunov B. L., Legon'kov A. K., Padalko A. S. Measurement of current in track circuit receivers. Automation & Remote Control on Russian railways. Technique, technology, certification. Collection of scientific papers edited by VI. V. Sapozhnikov. St. Petersburg, PSTU, 2008, pp. 37–40.

31. Gorishny D. V., Mamaev E. A. Algorithm of dependencies between railway automation and remote control devices faults identification. Science and technique of transport, 2010, issue 2, pp. 57–65.

32. Efanov D. V. Method of diagnostic objects states coding. Proceedings of Petersburg Transport University, 2010, issue 2, pp. 74–85.

33. Busuev S. V., Popov A. N. Research of electric signals root mean square values measurement accuracy on limited time periods. Transport of the Urals, 2011, issue 2, pp. 46–50.

34. Efanov D. V., Bogdanov N. A. Automation of switch points test. Transport world, 2011, issue 2, pp. 54–59.

35. Godyaev A. I., Onischenko A. A. System of automated monitoring of physical parameters that have direct influence on train traffic safety provision systems functioning. Povolzhie transport herald, 2012, issue 2, pp. 29–34.

36. Efanov D. V., Bogdanov N. A. Monitoring of voice frequency track circuits parameters. Transport of the Urals, 2013, issue 1, pp. 36–42.

37. Volkov A. A., Pershin D. S., Grigorjev S. N. Detection of point machines pre-faults. Avtomatika, svyaz', informatica, 2014, issue 4, pp. 16–18.

38. Efanov D. V. Method of automation of diagnostic objects functioning logic check in remote monitoring systems. Transport of the Urals, 2014, issue 3, pp. 58–62.

39. Chukhonin V. M., Gorbunov B. L., Basalaev E. V. Measurement of active power of AC motors during switch operation. Development of component base and design methods of railway automation and remote control devices: Collection of scientific papers edited by VI. V. Sapozhnikov. St. Petersburg, PSTU, 2014, pp. 23–25.

40. Efanov D. V. Some aspects of railway automation and remote control devices concurrent error detection systems development. Transport of the Urals, 2015, issue 1, pp. 35–40.

41. Ivanov A. A., Legon'kov A. K., Molodtsov V. P. New devices for registration of parameters of railway automation hardware within APK-DK (STDM) system. Automatyon on Transport, 2015, vol. 1, issue 3, pp. 282–297.

42. Moskvina E. A. Experience of CUSI organization. Avtomatika, svyaz', informatica, 2013, issue 9, pp. 22–25.

43. Shelukhin V. I. Automation and mechanization of humps: textbook for railway transport colleges. Moscow, Marshrut, 2005, 240 p.

44. Sachko V. I., Mel'nikov A. V. Subsystem of maintenance and repairs of railway automation and remote control systems on automated humps. Avtomatika, svyaz', informatica, 2008, issue 11, pp. 11–13.

45. Basalaev E., Gorbunov B., Efanov D. Check of Petersburg Subway automation devices parameters. *Control Engineering Russia*, 2014, issue 2 (50), pp. 54–57.
46. Efanov D. V. Technical diagnostics and monitoring of subway automation devices. *Industrial automation*, 2014, issue 3, pp. 4–8.
47. Efanov D. V., Plehanov P. A. Increase of railway traffic reliability and safety at the expense of technical diagnosing systems and monitoring of railway signaling and interlocking devices. *Transport of the Urals*, 2011, issue 3, pp. 44–48.
48. Lykov A. A., Efanov D. V., Vlasenko S. V. Technical diagnostics and monitoring of railway automation and remote control devices state. *Transport of the Russian Federation*, 2012, issue 5, pp. 67–72.
49. Bennets R. D. Design of testable logic circuits. Moscow, Radio & Svayz', 1990, 176 p.
50. Efanov D. V. On the problem of testability of railway automation and remote control relay-contact circuits. *Intelligence systems on transport: Proceedings of V international scientific and practical conference «IntellektTrans – 2015»*; eds. A. A. Kornienko. St. Petersburg, PSTU, 2015, pp. 89–95.
51. Lantsov V. N., Mosin S. G. Modern approach to the design and test of integrated circuits. Vladimir, Vladimir State University, 2010, 285 p.
52. Parkhomenko P. P., Sogomonyan E. S. Base of technical diagnostics (optimization of diagnostic algorithms, hardware means). Moscow, Energoatomizdat, 1981, 320 p.
53. Mozgalevsky A. V., Kojda A. N. Problems of diagnostic systems design. Leningrad, Energoatomizdat (Leningrad department), 1985, 112 p.
54. Sogomonyan E. S., Slabakov E. V. Self-Checking Devices and Fault-Tolerant Systems. Moscow, Radio & Svayz', 1989, 207 p.
55. Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov Vl. V., Hristov H. A., Gavzov D. V. Methods of safety microelectronic railway automation systems design. Moscow, Transport, 1995, 272 p.
56. Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov Vl. V. Self-checking discrete devices. St. Petersburg, Energoatomizdat, 1992, 224 p.
57. Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov Vl. V., Goessel M. Self-dual discrete devices. St. Petersburg, Energoatomizdat (St. Petersburg department), 2001, 331 p.
58. Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov Vl. V., Valiev R. Sh. Synthesis of self-dual discrete systems. St. Petersburg, Elmor, 2006, 224 p.
59. Goessel M., Morozov A. V., Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov Vl. V. Research of combinational self-checking devices with independent and monotonically independent outputs. *Automation & Remote Control*, 1997, issue 2, pp. 180–193.
60. Goessel M., Morozov A. V., Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov Vl. V. Boolean complement – new method of combinational circuit test. *Automation & Remote Control*, 2003, issue 1, pp. 167–176.
61. Goessel M., Morozov A. V., Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov Vl. V. Test of combinational circuits by Boolean complement. *Automation & Remote Control*, 2005, issue 8, pp. 161–172.

62. Mekhov V.B., Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov VI. V. Test of combinational circuits based on modified codes with summation. *Automation & Remote Control*, 2008, issue 8, pp. 153–165.

63. Blyudov A.A., Efanov D. V., Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov VI. V. On Codes with Summation of Unit Bits In Concurrent Error Detection Systems. *Automation & Remote Control*, 2014, issue 8, pp. 131–145.

64. Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov VI. V., Efanov D. V. Application of codes with summation for the synthesis of railway automation and remote control systems based on field-programmable gate arrays. *Automation on Transport*, 2015, vol. 1, issue 1, pp. 84–107.

65. Efanov D. V., Bogdanov N. A. Check of point machines parameters. Proceedings of scientific and practical conference «Problems of microcomputer complexes safety and reliability»; eds. Val. V. Sapozhnikov. St. Petersburg, PSTU, 2015, pp. 118–128.

66. Shamanov V. I. Electromagnetic compatibility of railway automation and remote control systems. Moscow, FSBEI «Study and methodical railway transport education center», 2013, 244 p.

67. Shamanov V. I. Process of traction current asymmetry formation in rail line. *Elektrotehnika*, 2014, issue 8, pp. 34–37.

68. Shamanov V. I. Simulation of interference generation by track circuit currents. *Avtomatika, svyaz', informatica*, 2014, issue 10, pp. 5–9.

69. Shamanov V. I., Baluev N. N. Way of track circuit electric resistance diagnostics on AC current tracks. – Patent RU 2514027, 27.09.2014.

70. Ivanikin M. S., Efanov D. V. Selection of ultrasonic transducer for checking of distance between moving elements of points. Proceedings of scientific and practical conference «Problems of microcomputer complexes safety and reliability»; eds. Val. V. Sapozhnikov. St. Petersburg, PSTU, 2015, pp. 150–157.

71. Nikitin A. B., Bushuev S. V., Gundyrev K. V., Alexeev A. V., Grebel' S. V., Popov A. N. Means of technical diagnostics and remote monitoring STD-MPK. *Avtomatika, svyaz', informatica*, 2012, issue 10, pp. 6–8.

72. Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov VI. V., Shamanov V. I. Reliability of railway automation, remote control and communication systems: tutorial for railway transport high schools; eds. VI. V. Sapozhnikov. Moscow, Marshrut, 2003, 263 p.

73. Vasilenko M. N., Trokhov V. G., Zuev D. V., Sedykh D. V. Development of electronic document management in automation and remote control. *Avtomatika, svyaz', informatica*, 2015, issue 1, pp. 14–16.

74. Efanov D. V., Dmitriev V. V., Alexeev V. G. Internet technologies in technical diagnostics and monitoring systems of railway automation devices. *Innovative transport*, 2014, issue 4, pp. 28–32.

75. Efanov D. V., Dmitriev V. V., Alexeev V. G. Web-interface for railway automation and remote control systems monitoring. *Avtomatika, svyaz', informatica*, 2015, issue 1, pp. 18–19.

76. Nikitin A. B. Development of railway automation and remote control systems diagnostics. *Avtomatika, svyaz', informatica*, 2015, issue 11, pp. 14–15.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии С. А. Никищенковым  
Поступила в редакцию 09.10.2015, принята к публикации 11.12.2015*

*ЕФАНОВ Дмитрий Викторович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.  
e-mail: TrES-4b@yandex.ru

© Ефанов Д. В., 2016