

УДК 656.22

**Г. М. Groшев, д-р техн. наук,  
Н. В. Климова,  
А. В. Сугоровский, канд. техн. наук**

Кафедра «Управление эксплуатационной работой»,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I

**А. Д. Манаков, д-р техн. наук,  
П. Е. Булавский, д-р техн. наук**

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

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕЗАВИСИМЫХ УЧАСТНИКОВ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК КОНТЕЙНЕРОВ В МОРСКОЙ ПОРТ В ТРАНСПОРТНОМ УЗЛЕ**

Представлены научно обоснованные предложения по автоматизации информационного обеспечения и взаимодействия независимых участников мультимодальных перевозок контейнеров блок-поездами между тыловыми логистическими терминалами и морскими торговыми портами в транспортных узлах. Выполнены исследование и анализ информационных возможностей основных существующих и вновь создаваемых автоматизированных систем для автоматизации информационного обеспечения и взаимодействия независимых участников этих перевозок.

Организация информационного обмена между основными автоматизированными системами при движении контейнерных блок-поездов в узлах согласно разработанной авторами статьи схеме позволит ускорить продвижение контейнеров в транспортных узлах и осуществить подвод партий контейнеров непосредственно для перегрузки по прямому варианту «вагон – судно».

автоматизация; информационное обеспечение; контейнеры; мультимодальные перевозки; транспортный узел; блок-поезд; тыловой логистический терминал; морской торговый порт; независимые участники перевозки

### **Введение**

Поток груза, поток информации, поток документов – взаимодействие и рациональная организация этих составляющих перевозочного процесса позволят добиться предоставления услуги клиенту на высоком уровне и принесет ожидаемый доход железной дороге.

Успешная организация движения контейнерных блок-поездов в транспортных узлах возможна только при дальнейшем развитии информационного

## *Техническая диагностика и прогнозирование*

УДК 681.518.5+656.2

**Д. В. Ефанов, д-р техн. наук**

ООО «ЛокоТех-Сигнал»,  
Кафедра «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»,  
Российский университет транспорта (МИИТ)

### **ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Статья посвящена развитию систем мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры. Установлены особенности функционирования современных систем периодического и непрерывного мониторинга. Показано, что следование современной концепции пороговой диагностики приводит к низкой эффективности функционирования систем мониторинга и к определяющему влиянию на результаты диагностирования и прогнозирования «человеческого фактора». Развитие непрерывного мониторинга должно идти по пути интеллектуализации обработки диагностической информации и интеграции систем непрерывного мониторинга объектов инфраструктуры, обслуживаемых различными линейными подразделениями железных дорог. Прежде всего, изменения должны произойти на этапе концептуального представления о системах непрерывного мониторинга: должны быть сформулированы требования и критерии фиксации событий отказа и предотказных состояний диагностируемых объектов на основе интеллектуальной обработки данных. В статье сформулированы основные термины, регламентирующие работу систем мониторинга, уточнено известное понятие предотказного состояния. Подчеркивается наличие тесных рамок действующих инструкций по техническому обслуживанию и создаваемых на их основе стандартов на разрабатываемые системы мониторинга с новыми принципами обработки данных. Учет обозначенных особенностей позволяет на этапе разработки и конструирования системы мониторинга повысить ее эффективность по сравнению с реализованными системами мониторинга на железных дорогах.

техническая диагностика; периодический мониторинг; непрерывный мониторинг; предотказное состояние; пороговые значения; машинный анализ; интеллектуальная обработка данных

### **Введение**

Актуальность проблемы внедрения систем периодического и непрерывного автоматизированного и автоматического мониторинга объектов желез-

УДК 681.518:656.257

**В. В. Хóрошев**

Кафедра «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»,  
Российский университет транспорта (МИИТ)

## **ПОВЫШЕНИЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РОСПУСКА СОСТАВОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРКАХ С ПОМОЩЬЮ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА**

Представлены концептуальные решения по повышению надежности работы систем сортировочных горок. Проведен анализ горочных систем централизации – комплексной системы автоматического управления сортировочным процессом, блочной горочной автоматической централизации, автоматического регулятора скорости скатывания отцепов, разработанного институтом «Гипротрансигналсвязь». Рассмотрены их слабые места. Предлагаются методы повышения надежности путем введения непрерывного мониторинга объектов горочной инфраструктуры с внедрением в программную среду алгоритмов обработки диагностических данных. Исследуется метод расширения диагностических возможностей системы горочной централизации, представляются методы упрощения эксплуатации для технического персонала, обслуживающего горочные устройства инфраструктуры. Приводится обоснование интеграции в программную среду алгоритмов обработки информации для упрощения и ускорения поиска отказов и сокращения времени простоев сортировочных станций.

сортировочная горка; диагностика; горочная инфраструктура; автоматика и телемеханика; безотказность; мониторинг; сенсорные сети; техническое обслуживание; непрерывный мониторинг; полносвязный мониторинг

### **Введение**

ОАО «Российские железные дороги» – крупнейший грузоперевозчик в Российской Федерации. Помимо осуществления перевозки грузов, на сети железных дорог необходимо производить работы по формированию и расформированию грузовых поездов. Технологические работы по формированию и расформированию поездов производятся на специализированных сортировочных станциях. Сортировочную станцию можно разделить на следующие основные части: парк приема поездов, парк формирования, сортировочный парк и парк отправления [1]. Ежегодно осуществляется множество мероприятий по сокращению простоев в работе сортировочных горок и повышению скорости переработки составов.

Парки приема и отправления поездов ничем не отличаются от обычных грузовых станций, сортировочный же парк отличается разительно. В начале

сортировочного парка находится сортировочная горка, через которую пропускается весь поток грузовых вагонов, за ней расположен подгорочный парк, состоящий из путей различного назначения. Перерабатывающим ядром сортировочной станции является сортировочная горка, от скорости работы которой зависит скорость работы всей сортировочной станции.

В сортировочную горку входят следующие составные части: подвижная часть горки – горб, спускная часть горки, подгорочный парк. По подвижной части подается «хвостом» состав, который, в соответствии с сортировочным листом, расцепляют по мере продвижения через горб горки на отцепы (один или несколько вагонов в сцепке). Далее отцепы, преодолев горб горки, катятся по спускной части, проходят тормозные позиции и скатываются в подгорочный парк на пути назначения [1].

Для работы сортировочной горки в настоящее время используются различные системы автоматизации роспуска. Автоматизация сортировочных процессов позволяет повысить пропускную способность сортировочных горок, ускорить процесс расформирования составов и исключить ошибки операторов сортировочных горок [2–4].

Всю аппаратуру, позволяющую вести автоматизированный роспуск, можно поделить на два вида – исполняющую и управляющую. В качестве примера управляющей аппаратуры можно привести современную систему КСАУ СП. К исполняющей аппаратуре относятся горочные устройства автоматики. Чтобы сортировочные горки функционировали бесперебойно, выше-названные системы и устройства должны работать без сбоев и в соответствии с заданными параметрами.

Ввиду интенсивности роспусков и топологических особенностей построения горочного путевого развития задача бесперебойной работы горок становится чрезвычайно сложной. Износ железнодорожного пути и устройств автоматики крайне высок, необходимо поддерживать рабочее состояние всех составляющих горочной инфраструктуры.

Нельзя забывать, что на сортировочных горках производится роспуск тяжеловесных составов, вес которых порой составляет порядка 20 т на ось. Воздействие такого рода повышает износ всего железнодорожного полотна вплоть до увода колеи в сторону. На сортировочных горках в основном используются стрелочные переводы с марками крестовины 1/6 и 1/9. Данные стрелочные переводы короткие и при расположении их последовательно друг за другом получается извилистая колея. При проходе длинных отцепов по такой извилистой кривой рельсовый путь испытывает избыточное давление на внутреннюю часть головки рельса, противоположного направлению отклонения состава по стрелочному переводу. Особенно сильному износу подвержены головные стрелки и первые пучковые. Пример износа рельсового пути представлен на рис. 1. Головные стрелки испытывают самый сильный износ под весом отцепов. Происходит вытачивание острия по всей длине,





**Рис. 1.** Износ рельсовой колеи на сортировочной горке

стачиваются соединительные рельсы, разбиваются и стачиваются контррельсы, усовики и крестовина, разбиваются крепления в корнях остряков и т. д. Эпюру стрелочного перевода со временем от нагрузок уводит и появляются такие отклонения в содержании, как задираание остряка, искривление соединительных рельсов, увеличение ширины колеи, неравномерность укладки на башмаки остряков, отсутствие укладки остряков по остожке. Подобный пример увода рельсовой колеи представлен на рис. 2. При уводе стрелочного перевода увеличивается износ всех его болтовых соединений и разбиваются втулки, что, в свою очередь, приводит к появлению люфтов и зазоров между остряком и рамным рельсом более 4 мм. Под воздействием погодных условий и тяжелых отцепов пути сортировочных горок быстро приходят в негодность.



**Рис. 2.** Увод рельсовой колеи

Повышению перерабатывающей способности сортировочных горок способствует повышение перевозимого веса и увеличение нагрузки на ось, но инфраструктура горок на данный момент не готова к такому шагу.

Все отклонения от нормы на стрелочных переводах приводят к деструкции устройств горочной автоматики. К примеру, из-за задранного остряка увеличиваются сила и время перевода стрелки, что, в свою очередь, влияет на болтовые соединения и узлы стрелочных электроприводов (СЭП). При дальнейшей эксплуатации возникают отказы и в СЭП.

Следовательно, нужно производить высококачественный контроль состояния инфраструктуры устройств горочной автоматики. Необходимо иметь достаточный объем информации о состоянии эксплуатируемых устройств и выполнять измерения параметров в реальном времени. Горочные устройства централизованы на станции и находятся близко друг к другу, но используются с различной периодичностью. В связи с этим износ устройств разный. Требуется расширенный объем данных, контролируемых на устройствах, для получения общего цифрового вида состояния устройства [5].

Целью данной статьи является внесение предложений по совершенствованию систем мониторинга горочной инфраструктуры, что позволит повысить информативность среды мониторинга, а также поспособствует внедрению новых алгоритмов обработки получаемых данных. Такого рода алгоритмы позволят ввести прогнозирование отказов устройств автоматики, сократить время на расследование отказа и повысить безопасность процесса расформирования/формирования поездов на сортировочных горках.

Внедрение непрерывного мониторинга решит многие проблемы контроля состояния устройств железнодорожной автоматики и телемеханики [6–11], заменит некоторые работы, на которых задействованы люди, автоматизированной проверкой [12, 13]. Тем самым уменьшится вероятность возникновения неисправности по причине человеческого вмешательства [14].

## **1 Особенности обслуживания горочной автоматики**

### **1.1 Устройства автоматики**

К исполняющей горочной аппаратуре относят: горочные СЭП, индуктивно-проводные датчики (ИПД), радиотехнические датчики стрелочные (РТД-С), логические рельсовые цепи или индуктивные педали, горочные рельсовые цепи, радиолокационный измеритель скорости (РИС), горочные светофоры, указатели количества вагонов, горочные замедлители с управляющей аппаратурой в столах управления каждым отдельным замедлителем, устройства контроля заполнения путей (КЗП) в подгорочном парке, питающие установки. Основным отличием работы горочной автоматики является скорость срабатывания – она в разы выше, чем у станционных устройств железнодорожной автоматики.

Роспуск вагонов производится круглосуточно за исключением перерыва на технологические «окна». Во время технологических «окон» может быть закрыт для движения как отдельный пучок горочных путей, так и вся горка. В настоящее время горочные устройства автоматики обслуживаются бригадами работников горочной автоматической централизации (ГАЦ) и бригадами автоматического регулирования скорости скатывания отцепов (АРС). Ежедневно бригадами выполняются работы по техническому обслуживанию устройств по специализированным горочным технологическим картам, так как горочные устройства автоматики отличаются от обычных станционных и перегонных устройств.

Рассмотрим различия между эксплуатацией устройств горочной автоматики и станционных устройств автоматики. Устройства, которые эксплуатируются на станциях и горках – это стрелочный привод, рельсовые цепи, светофоры.

## **1.2 Стрелочные переводы**

Как упоминалось выше, на сортировочных горках используются стрелочные переводы с марками крестовин 1/6 и 1/9. Для ускорения перевода стрелки из одного положения в другое применяются облегченные остряки с маркой Р50, а также повышенное рабочее напряжение на двигателе электропривода. На горках используются стрелочные приводы типа СПГБ, конструктивно отличающиеся от обычных СЭП наличием бесконтактных датчиков автопереключателя и рабочим напряжением на двигателе 220 В. Все вышеперечисленные параметры способствуют тому, что на перевод стрелки уходит менее 0,6 секунды – это является основным требованием к горочным стрелочным переводам. К примеру, время перевода стрелки на главном ходу Санкт-Петербург – Москва, где курсирует высокоскоростной поезд «Сапсан», составляет не более 6 секунд.

Техническое обслуживание стрелочных переводов также отличается частотой проведения работ. Если на станциях осмотр стрелочных переводов осуществляется один раз в месяц, то на горках работы производятся один раз в 4 дня. Такая частота проверок вызвана интенсивностью роспуска. Вагоны различных весовых категорий способствуют износу верхнего строения пути. На горочных путях и стрелках много кривых, в которых происходит вытачивание рельсового пути, а также быстрое стачивание остряков по причине прохождения длинных и тяжелых отцепов. Проверки необходимы из-за высокой интенсивности переводов стрелок: число переводов одной стрелки на горке за сутки доходит до 800, что не может не сказаться на внутренних частях СЭП на связующих тягах и соединительных узлах. Чаще всего на горках производятся внешний осмотр стрелочного перевода, измерение тока электродвигателя при работе СЭП на фрикцию, внутренняя чистка и смазывание

СЭП. Реже, один раз в 14 дней, производится измерение шунтовой чувствительности, зазора между остяком и рамным рельсом путем отжатия остяка малым ломиком. На станционных стрелках такой вид работ, как измерение зазора между остяком и рамным рельсом, называется проверкой стрелки на закладку и осуществляется следующим образом: механик сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) закладывает 2–4-миллиметровый щуп между остяком и рамным рельсом и просит дежурного по станции перевести стрелку; если стрелка закрылась на 4 мм, то необходимо произвести регулировку. На горочных стрелках из-за большой скорости и силы перевода такую работу произвести нельзя, так как это приведет к деформации щупа.

### **1.3 Рельсовые цепи**

По причине интенсивного роспуска отцепов на автоматизированных сортировочных горках скорость прохождения стрелочного участка достигает 10 км/ч, а, следовательно, время прохождения отцепа, состоящего из одиночного вагона, составляет примерно 2–3 секунды. За это время необходимо произвести быстрое занятие, а затем освобождение стрелочного участка. С такой задачей хорошо справляются разомкнутые рельсовые цепи – этот вид рельсовых цепей быстрее реагирует на замыкание колесной парой. Рельсовые цепи, используемые в станционных системах, нормально замкнутые. При занятии поездом путевое реле выключается, сигнализируя о занятии участка, обрыв путевой линии сопровождается индикацией, что, по сути, является защитным отказом – ложная занятость. При ложной занятости система централизации автоматически ограждает занятый ложно участок запрещающим сигналом светофора. В горочных рельсовых цепях такой защиты нет, так как в нормальном режиме путевое реле выключено и только при вступлении вагона на рельсовую цепь на обмотку реле подается ток. Для недопущения ложной свободности на горках используют дополнительные системы контроля занятости стрелок, такие как ИПД и РТД-С. Все системы совместно понижают вероятность появления ложной свободности, но одновременно с этим повышается вероятность возникновения ложной занятости. Ложная занятость на сортировочных горках – это защитный отказ. При появлении ложной занятости система блочной горочной автоматической централизации или современные системы централизации переводят вагоны на соседние пути либо дают команду на более интенсивное торможение отцепа для гашения скорости соударения.

### **1.4 Дополнительные устройства контроля занятости стрелки**

ИПД крепится к шейке рельса, его магнитная индуктивность настраивается под нахождение рядом определенного количества металла, при проезде



отцепя количество металла и ток в цепи шлейфа возрастают, что приводит к индикации занятости. Пример установки ИПД на стрелочном участке представлен на рис. 3.

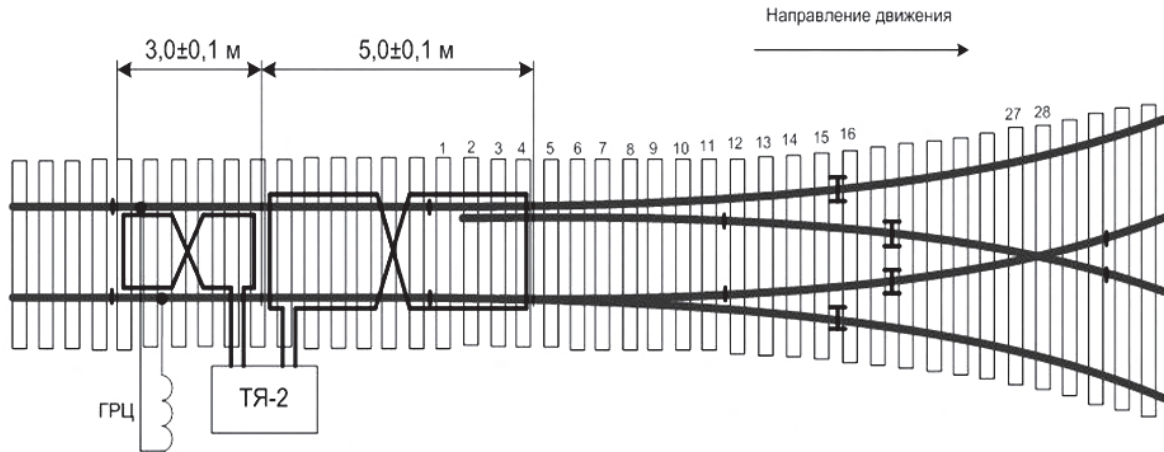


Рис. 3. Установка ИПД на стрелочных участках

В комплект РТД-С, устанавливаемый на стрелочном участке, входит излучатель (ПРД) и два приемника сигнала (ПРМ). Излучатель помещается на стойку с одной стороны стрелочного перевода, а два приемника на стойку – с противоположной стороны. Пример установки РТД-С представлен на рис. 4.

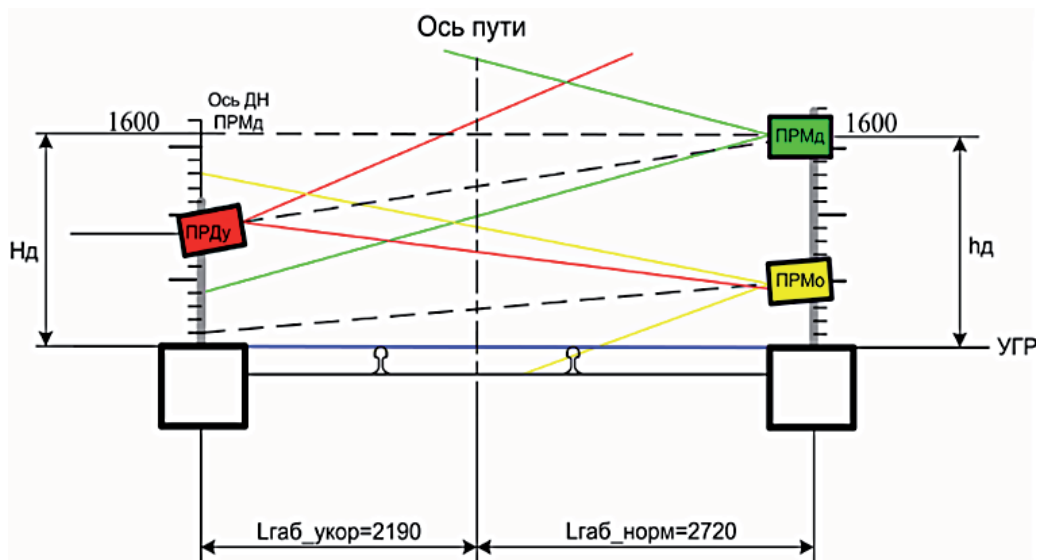


Рис. 4. Установка РТД-С на стрелочных участках (вид по ходу движения отцепов)

Излучатель направляет радиоизлучение на приемники, при прохождении отцепя между излучателем и приемником нарушается прохождение радиосигнала и реле выключается, сигнализируя о ложной занятости.

Каждое из вышеуказанных устройств подвергается техническому обслуживанию – это измерение питающих и управляющих напряжений, внешний осмотр.

## **2 Техническое диагностирование горочных устройств автоматики**

### **2.1 Дополнительные устройства контроля свободности стрелочного участка**

Построение высококачественной «экосистемы» инфраструктуры на сортировочных горках способствует повышению надежности и отказоустойчивости устройств горочной автоматики. При функционировании каждого кластера работающего устройства обеспечивается безопасное функционирование всей инфраструктуры в целом. На рис. 4 изображены в кластерном виде устройства инфраструктуры горок и необходимые компоненты их работы, такие как наличие питания и обратной связи от устройства (к примеру, сигнал от устройства на реле, которое информирует о занятости пути). Но на практике необходим и третий кластер – мониторинга. Для обеспечения бесперебойной работы устройства используются некоторые средства контроля наличия питающего напряжения и токов. Но работать бесперебойно не значит правильно. Устройство может работать, но не отвечать эксплуатационным требованиям. По этой причине нужен мониторинг устройств. Необходимо строить систему интеллектуального мониторинга, способную на программном уровне самостоятельно производить анализ состояния устройств [15].

В настоящее время в горочных системах автоматики имеется некий спектр параметров, которые контролируются и выводятся в виде диаграммы на автоматическое рабочее место (АРМ). Но учтены далеко не все из них. Для качественного контроля устройств и прогнозирования дальнейшего состояния необходимы контроль и анализ гораздо большего числа параметров устройств. На рис. 5 схематично изображены «пробелы» в мониторинге.

Помимо организации контроля состояния устройств необходима правильная организация обслуживающего персонала при возникновении неисправностей для быстрого реагирования и устранения их последствий [6].

Каждое из указанных выше горочных устройств требует контроля рабочих параметров для поддержания его работоспособного состояния. К примеру, устройства дополнительного контроля занятости стрелки РТД-С в спаренном исполнении (два накрест стоящих комплекта) требуют контроля напряжений в двенадцати точках электрической схемы. При использовании радиотехнических датчиков требуется надлежащее питание для нормальной и корректной работы. Напряжения, которые необходимо контролировать для





корректной работы РТД-С, представлены в таблице. В одиночном исполнении количество контрольных точек сокращается в половину.

Напряжение питания и управляющее напряжение РТД-С

Обозначение на схеме	Количество точек измерения	Номер контрольной точки	Назначение	Род тока	Норматив значения, В
Упит. ПРД	2	1	Питание	Переменный	12,6–14,7
Упит. ПРМ	2	2	Питание приемников	Переменный	12,6–14,7
Уупр. РТД	3	3	Напряжения управления ПРМ (свободно/занято)	Постоянный	18–36/менее 0,5
Уупр. реле	1	4	Напряжение на реле с датчиком ПРМ (свободно/занято)	Постоянный	18–36/менее 0,5
Уюст.	4	5	Напряжение настройки датчиков на прием радиосигнала от ПРД	Постоянный	3,4–6,0

Помимо напряжений, необходимо контролировать направленность блоков ПРМ и ПРД друг относительно друга и уровня головки рельса. Данная работа производится с использованием рулетки и отнимает много времени. При измерениях присутствует большая погрешность. Если установка стоек и блоков выполнена недобросовестно, возможны ложные освобождения во время проезда отцепя.

В отдельных случаях за время эксплуатации не исключены неисправности блоков ПРМ, например зависание. В этом случае управляющее напряжение на реле сохраняется при прохождении отцепя между блоками ПРД и ПРМ. Такое неисправное состояние обнаруживается только в случае прохождения отцепя, когда горочная система выявит несоответствие занятия рельсового участка и свободности комплекта РТД-С. Решение вышеуказанных проблем заключается в комплексном мониторинге устройств РТД-С в целях непрерывного контроля и диагностирования устройств. Необходимо создать сенсорную сеть в устройствах автоматики, внедрить измерительные контроллеры в блоки РТД-С и по беспроводной сети связывать их с постом централизации, передавать информацию для анализа в АРМ электромеханика СЦБ [16–18]. Снабжение блоков диагностирования измерительным контроллером позволит избавиться от проблемы зависания блоков и своевременно выявлять предотказы и сбои.

Опыт эксплуатации выявил слабые стороны приемных блоков РТД-С. Самыми частыми отказами являются: поломка СВЧ-диода VD1(КД421А), К461ИЕ8, К544D2А, высыхание конденсаторов С11, 14–17. Эти отказы выводят из строя весь рабочий комплект РТД-С на стрелке. Причина отказа выявляется только при ремонте в контрольно-измерительном пункте (КИП). Благодаря внедрению измерительных контроллеров решается проблема диагностирования блоков ПРМ, а информация, полученная с диагностических контроллеров, позволит прогнозировать сдвиг параметров и ухудшение параметров работы устройств РТД-С.

РТД-С введены в эксплуатацию в 1980-х гг. Они не отличаются надежностью. Необходимо разработать заменяемые устройства для модернизации горочных устройств контроля стрелочного участка.

Устройства ИПД также входят в систему горочной централизации. ИПД состоит из проводного шлейфа и электронного блока, который располагается в предстрелочном участке железнодорожного пути с изоляционными вставками, оборудованного нормально разомкнутой рельсовой цепью. Данный блок распознает наличие подвижного состава через проводной шлейф на предстрелочном участке.

Информация с вышеописанных устройств поступает в систему КСАУ СП, на АРМ ШН подается информация о напряжении на реле. Для контроля за работой устройства необходимо применять методы измерения проводного шлейфа и напряжений питания. При эксплуатации современных систем централизации определение добротности шлейфа представляется возможным только при подключении осциллографа к шлейфу.

## **2.2 Основные устройства горочной автоматики**

Необходим мониторинг не только устройств дополнительного контроля занятия стрелочного участка. Эти устройства не являются основными. К основным устройствам относятся стрелочные приводы и рельсовые цепи, в равной степени нуждающиеся в мониторинге.

На сортировочных горках России используются различные рельсовые цепи. К примеру, на 4-й сортировочной горке станции Санкт-Петербург-Сортировочный-Московский введено в эксплуатацию сразу три типа рельсовых цепей: нормально разомкнутые рельсовые цепи с частотой 25 Гц, 50 Гц, и каргаловские рельсовые цепи, в то время как на 3-й сортировочной горке используются только рельсовые цепи на 25 Гц и логические рельсовые цепи. Они являются основными устройствами контроля занятости стрелочного участка. При существующих системах горочных централизаций обеспечивается контроль напряжения на путевых реле, но необходим также контроль питающего напряжения, трансформатора, находящегося в путевой коробке

стрелочного участка. При отказах типа «ложная свобода/занятость» поиск причин, приведших к отказу, ускоряется, если есть возможность сравнить параметры питающего напряжения и выходного напряжения с трансформаторов. При непрерывном контроле питающих напряжений появляется возможность прогнозирования изменения одностороннего пробоя стрелочного участка и фиксации проседания напряжения при понижении сопротивления балласта, а при расследовании отказов трансформатора достаточно будет посмотреть архив с показаниями напряжений и токов, которые присутствовали на выходах или входах трансформатора.

Логические рельсовые цепи, построенные на основе устройства счета осей, имеют название «устройства фиксации прохождения отцепа» (УФПО). УФПО представляет собой прямоугольную педаль с двумя встроенными катушками, при прохождении колесной пары над ними в одной из двух катушек возрастает ЭДС, и, в зависимости от того, в какой катушке это происходит, система просчитывает, в какую сторону движется колесная пара. В устройствах УФПО контролируется только целостность линии передачи, при этом индикатор педали на АРМ высвечивается красным цветом. Опыт эксплуатации свидетельствует, что любая ошибка блока УФПО выдает ошибку обрыва линии и для устранения подобного отказа следует перезапустить данный блок. Из всей диагностической информации или сообщениях об ошибках на АРМ КСАУ-СП выдается только индикация красным об ошибке на устройстве. Какого рода ошибка или неисправность – неизвестно.

Стрелочные переводы требуют особого внимания, так как испытывают давление от проезжающих отцепов различной весовой категории, часто переводятся. На стрелочных переводах следует контролировать стрелочный привод и все его характеристики. В КСАУ СП реализовано измерение тока перевода стрелки путем установки датчика Холла в шкафу питания и вывода графиков на АРМ, а также напряжения на бесконтактных датчиках контроля стрелки в релейном помещении. По информации, вводимой в систему, можно проследить работу двигателя стрелочного привода по токовой диаграмме и при определенном уровне компетенций сделать выводы о том, в каком состоянии стрелочный перевод. Токтовую диаграмму работы стрелочного двигателя можно поделить на три части. Изобразим диаграмму работы двигателя при переводе стрелки из одного положения в другое и проанализируем (рис. 6). В области диаграммы, в зеленом прямоугольнике с номером 1, изображены скачок тока при пуске двигателя и усилие при старте движения остряков, после чего следует спад тока и двигатель начинает работать при передвижении остряков. Скачки тока на участке выделены прямоугольником желтого цвета с номером 2. Они могут означать большие усилия для перевода, что, в свою очередь, может говорить о неплавном переводе остряков в связи с загрязнением башмаков, сильно затянутым корнем остряков, кривизной составных деталей и др. В синем квадрате с номером 3 изображена диаграмма



Рис. 6. Точный график работы электродвигателя при переводе стрелки

замыкания стрелочного перевода в том положении, в которое его переводили. Величина тока при замыкании может свидетельствовать о плотности прилегания остряка к рамному рельсу.

При неполучении контроля в третьей части графика ток в двигателе будет возрастать до тех пор, пока не начнут прокручиваться фрикционные диски в редукторе. Данная ситуация изображена на рис. 7, где в красном квадрате видны токи фрикции до того, как сработает автовозврат стрелки. После активизации автовозврата в прямоугольниках 4, 5, 6 можно наблюдать ту же картину перевода и те же по величине токи. В данной ситуации будут выведены сообщения о потере контроля стрелки и о том, что произошел автовозврат стрелки в положение, из которого она переводилась.



Рис. 7. Токи фрикции при переводе горочной стрелки и непрохождении контроля

Из электрических параметров, контролируемых на горочных стрелках, можно назвать еще измерение напряжения бесконтактных датчиков автопереключателя. В АРМ электромеханика СЦБ на контрольное реле выводится фактическое напряжение, как это изображено на рис. 6, в красном прямо-



угольнике под номером 4, и на рис. 8. Напряжение на датчиках можно наблюдать в режиме реального времени.

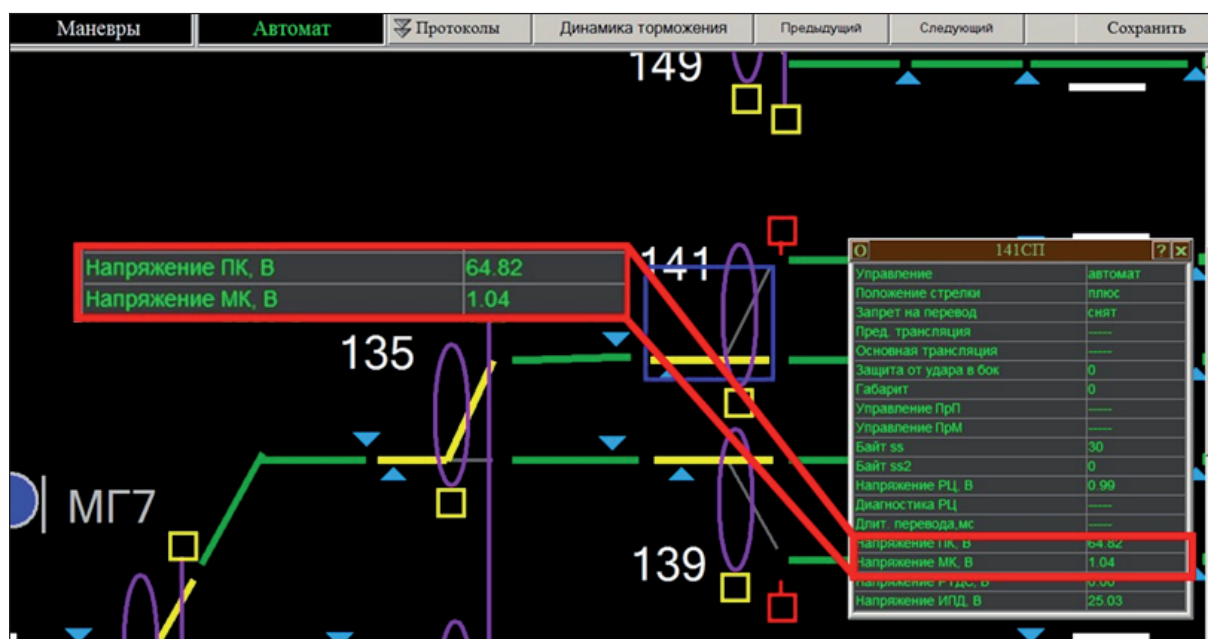


Рис. 8. Вывод информации по напряжению на датчиках БДП, БДЛ

Помимо отказов технических средств инфраструктуры, имеют место отказы микропроцессорных систем и комплектующих системы КСАУ СП. Такие отказы случаются редко, но на поиск причин уходит много времени. В состав системы КСАУ СП входят два комплекса ГАЦ (основной и резервный), АРС (основной и резервный), метеостанция, контрольно-диагностический комплекс станционных устройств, сервер и т. д. В шкафах установлена микропроцессорная аппаратура, блоки питания, проводка, компьютеры, мониторы и пр. Вся перечисленная аппаратура может дать сбой, который внешне никак не проявится, и его можно будет найти только на программном уровне. К примеру, выход из строя одного из блоков питания или контроллеров может быть обнаружен спустя некоторое время. Помимо отсутствия самодиагностирования системы, минусом является сложность перехода от основной к резервной системе и обратно. В системе не предусмотрен «горячий» резерв, переход происходит при выполнении некоторых последовательных операций. Для перехода на резерв обслуживающему персоналу необходимо переключить тумблер из положения «осн.» в «рез.», проверить, включен ли резервный комплект, и если выключен, то включить и после запуска через терминал командами запустить подсистемы. Для работы с терминалом нужно знать команды и вводить их в правильной последовательности, при этом следить за состоянием запуска систем ГАЦ, АРС на одном мониторе, постоянно переключаясь. В терминале описываются действия, производимые в системе, но понятные только программисту.



Смоделируем ситуацию аппаратного отказа в системе КСАУ СП. Представим, что происходит работа сортировочной горки на основных комплектах ГАЦ, АРС. Случился сбой основного комплекта ГАЦ. В данной ситуации на мониторах дежурного по горке высвечивается надпись: «Нет связи с ГАЦ», вместо связи с АРМ и сведений о поездном положении. Дежурный электромеханик, пользуясь инструкцией по переключению с основного на резервный комплект системы, производит переключение. После переключения тумблеров на резервный комплект даются команды для остановки процесса на основном комплекте и переходят на резервный. Это отнимает время и создает задержки в движении поездов. Во время запуска резервной системы на экране появляется сообщение «Открыт порт 5001» или «Программа завершилась с кодом 11» и процесс запуска останавливается, никаких действий далее не происходит. Данная ситуация является нештатной, такие ошибки не разбираются на технических занятиях. Вывод данных ошибок на мониторы обслуживающего персонала нецелесообразен, так как персонал не имеет необходимых компетенций для их устранения, данные сообщения будут полезны только производителю системы. Зачем тогда нужна эта функция? Для обслуживающего персонала необходимо по максимуму упростить подобные операции до нажатия одной кнопки, что поспособствует сокращению простоев роспуска, либо полностью автоматизировать переход с основной системы на резервную, ввести «горячий резерв».

### 3 Пути совершенствования горочных систем

Рассмотрим пути совершенствования горочной автоматики на примере станции Санкт-Петербург-Сортировочный-Московский, имеющей две сортировочных горки, системы централизации которых значительно различаются. На 4-й сортировочной горке эксплуатируются БГАЦ и система АРС ГТСС. БГАЦ полностью релейная система. На АРМ электромеханика СЦБ отображается мнемосхема горки с индикацией работы устройств. Вся информация для индикации поступает с реле, и никакого диагностирования или мониторинга не проводится. Система АРС ГТСС смешанная состоит из микропроцессорных устройств и реле. АРС ГТСС обрабатывает информацию со скоростемеров и устройств КЗП и выдает команды для автоматического управления замедлителями. Диагностирование и мониторинг также не проводятся. На 3-й сортировочной горке в 2012 г. производилась реконструкция и была установлена система КСАУ СП. В эту систему встроены средства измерения токов и напряжений всех устройств, но система не анализирует эти данные. Сообщение об отказе поступает в случае выхода рабочего параметра устройства за пределы нормы. Мониторинг за устройствами реализован не в полном объеме. При высвечивании неисправности на АРМ механику

необходимо потратить время на поиск неисправности и анализ всех рабочих диаграмм, все это увеличивает время восстановления нормальной работы устройства и задержки в роспуске. Анализ всех ситуаций поручен оперативному персоналу (диаграмма перевода стрелки, диаграмма занятия/освобождения стрелочного участка, диаграмма торможения). При проявлении отказа оперативный персонал должен произвести расследование и изучить причину неисправности, чтобы выполнить замену или ремонт отказавшей части устройства. Теряется время на анализ обстановки и работы отказавшего устройства. В настоящее время подается оповещение только о сбоях изостыков рельсовых цепей, завышенном времени перевода стрелки, сбоях в работах КЗП, но не производится анализ текущей ситуации и не даются подсказки, как действовать оперативному персоналу.

Решением данной проблемы является внедрение подсистемы анализа отклонений нормативных значений. При отклонении какого-либо параметра устройств автоматики система выдает предупреждения вида: «Низкий порог напряжения на рельсовой цепи №», «Завышенное время освобождения участка № устройством ИПД при нормальной работе остальных дополнительных средств контроля стрелочного участка», «Зависание РИС по причине выхода из строя элемента» и т. д. Выявленные системой предотказы следует устранять до появления отказа, заменяя вышедший из строя на идентичный исправный блок между роспуском составов. Если выявленный предотказ не может быть устранен между роспуском, линейному персоналу нужно подать заявку на предоставление планового «окна» для производства технических работ. При данной схеме работы не будет затрат на простой сортировочной горки.

Одним из решений задачи анализа состояния объектов горочной инфраструктуры является внедрение системы с технологией оценки параметров устройств на основе нейронных сетей. Для работы нейросети обеспечиваются условия функционирования и вводятся параметры устройств автоматики, которым они должны отвечать. Система на начальном уровне может оценивать выходы за пределы параметров и сообщать о возможных предотказах. Далее система обучается, анализируя совместную работу устройств автоматики при режиме «роспуск» в системе ГАЦ и АРС. Следующим шагом является передача информации с метеостанции горки и сортировочных листов с пометками веса, категории и спецпометками. Имея такую информацию, нейросеть способна моделировать процесс роспуска составов в цифровом пространстве вплоть до давления вагона на рельсовый путь и расчета «парусности» вагона с несимметрично уложенным грузом. Данные, получаемые из нейросети, позволяют создавать некий кибер-черный ящик с возможностью трансляции роспуска в 3D-среде, но уже с добавлением четвертого параметра, такого как время. С внедрением 4D-пространственного моделирования нейросеть сможет составлять прогнозы износа объектов горочной инфраструктуры и создавать отчеты по замене к предстоящему ремонту. Помимо составле-

ния 4D-модели, нейросеть параллельно будет обучаться автоматическому роспуску составов, анализируя действия дежурных по горке, и моделировать идеальное управление устройствами автоматики горок [19]. Использование подобных интегрированных сетей и алгоритмов позволит отказаться от должности дежурных по горке и построить систему централизации нового поколения – автономную горочную автоматическую централизацию (АГАЦ) [20–22]. Для создания такой системы горочная централизация практически готова, необходимо внедрение дополнительных точек мониторинга, описанных выше, для своего рода моста между реальностью и виртуальным измерением. Внедрение измерительных контроллеров с расширенным спектром измерений позволит перенести реальные параметры устройств автоматики в виртуальную среду для создания 4D-модели работы горок.

Своевременное применение подобных алгоритмов диагностирования позволило бы решить проблему, случившуюся в 2016 г. на станции Санкт-Петербург-Сортировочная-Московская, когда для производства работ на весомерном участке подразделением ПЧ-10 механик АРС-3 снял устройство счета осей перед весомерным участком с левой стороны пути. По окончании работ устройство счета осей было установлено не на прежнее место, а в соседний шпальный ящик. Спустя некоторое время система начала давать сбои, потребовалось долгое время на поиск их причин, к решению проблемы были удаленно подключены даже работники Ростовского филиала АО «НИИАС». После нескольких часов расследования выяснилось, что устройства счета осей весомерного участка работают в паре (правый и левый) из-за того, что данные педали были разнесены в разные шпальные ящики: сначала считывал ось один датчик, затем другой, и происходило накопление. Из-за разности времени считывания в систему неправильно вводились показания и происходил сбой. Установленная система не имела возможности вывода ошибки, заключающейся в том, что парные датчики определяют колесную пару с разностью во времени. Имея в программном продукте оценочные алгоритмы, можно было бы исключить многочасовой простой сортировочной станции.

В системе КСАУ СП имеется функция измерения параметров работы горочных устройств при прохождении отцепа и формируются графики работы устройств, как показано на рис. 9.

На этом рисунке изображена ситуация отказа устройства ИПД. Как видно из токовых диаграмм, освобождение участка ИПД происходит с длительным интервалом, что не позволяет перевести стрелку после прохождения отцепа своевременно, в результате чего происходит замедление роспуска или уход вагона на другой путь. При уходе на другой путь вагона необходимо приостановить роспуск, вызвать тепловоз, вытащить вагон с пути, на который он попал ошибочно, и отправить на путь назначения. В результате этих действий тратятся топливо и время роспуска, и всё это по причине задержки

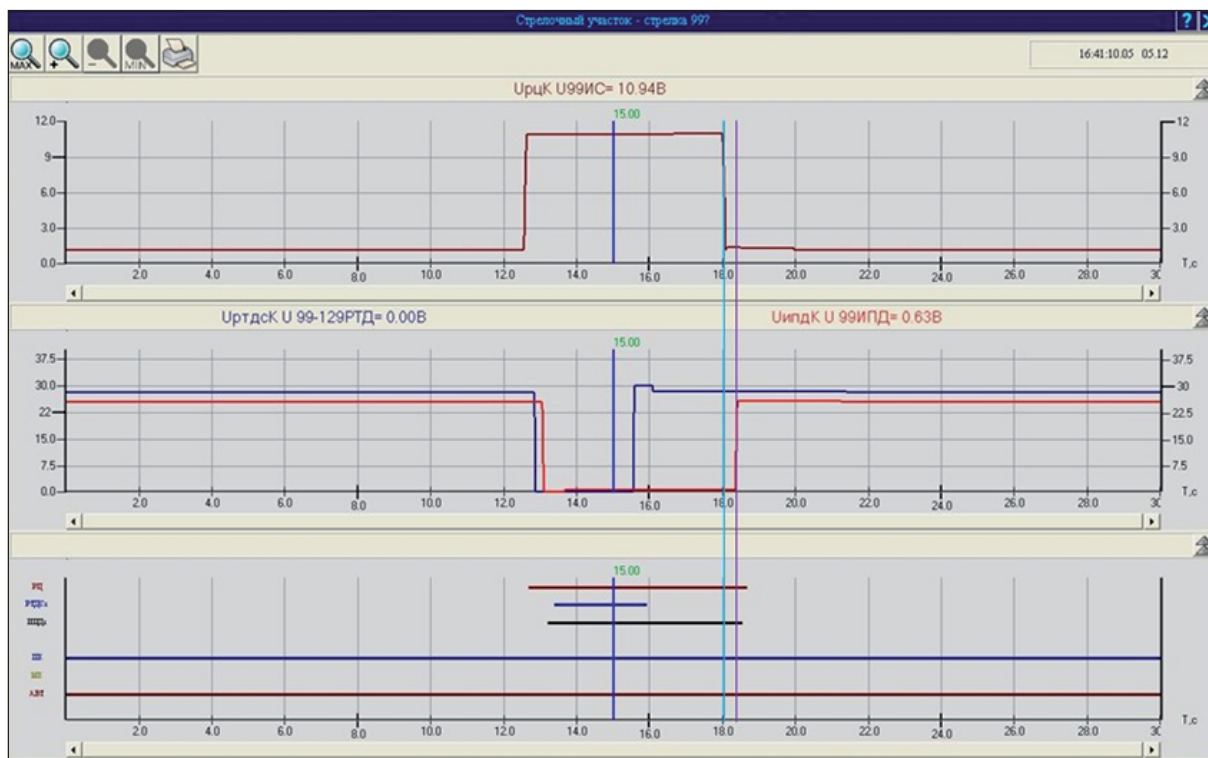


Рис. 9. Напряжения работ устройств автоматики

освобождения стрелочного участка на устройстве ИПД на 1,5 секунды вместо положенных 0,4 секунды.

При использовании алгоритмов анализа измеренных параметров система выдала бы информацию об ошибке отклонения временных параметров ИПД при нормальных параметрах остальных устройств. Поступило бы сообщение: «Отклонение параметра устройства ИПД № по времени освобождения относительно остальных дополнительных устройств контроля стрелки № N» вместо записи в журнале ДУ-46 о том, что «при роспуске поезда № N вагон № N ушел на путь № 24 вместо пути № 25». Во втором случае регламент поиска неисправности гласит: проанализировать работу на АРМ и провести расследование на самом объекте.

Таким образом, комплексный мониторинг горочной инфраструктуры должен складываться не только из измеряемых параметров, но из интеллектуальных программных сред, способных автоматически анализировать характеристики устройств, создавать пространственную виртуальную модель поведения устройств. На основании анализа программная среда с внедрением нейросетей постепенно обучится и будет способна прогнозировать наступающий отказ. Помимо этого, интеграция беспроводной среды сообщения датчиков позволит сократить затраты на использование многожильных кабелей и создать сеть обмена и анализа измеренных параметров. Благодаря маршрутизации пакетов информации, при отказе какого-либо из измерительных

контроллеров на объекте мониторинга система продолжит функционировать в полном режиме.

Один из минусов современных микропроцессорных систем – то, что они подвержены отказам в большей степени в связи с увеличенным числом составных компонентов: к примеру, блоки питания для работающих контроллеров, которым необходим контроль работающей микропроцессорной аппаратуры. Синергия алгоритмов программного анализа, измерительных средств и общей вычислительной среды мониторинга позволят увеличить надежность работы горок.

## Заключение

Бесперебойная работа сортировочных горок крайне важна при организации движения поездов и трансфера грузов. От скорости работы сортировочных горок зависит реализация грузовых перевозок, а следовательно, и доход компании ОАО «РЖД». Для повышения перерабатывающих способностей сортировочной станции внедряются устройства автоматизации, позволяющие производить роспуск составов в автоматическом режиме с минимальным вмешательством человека. Как и все технические средства, устройства горочной автоматики подвержены отказам. Помимо отказов устройств автоматики, на сортировочных горках имеется проблема износа путевого полотна, которая с возрастанием пропускной способности горок только увеличивается.

В данной статье был проведен анализ существующих горочных централизаций. Описаны слабые стороны систем и предложены методы, ускоряющие расследование неисправностей. Предлагается внедрение алгоритмов анализа данных, полученных с объектов инфраструктуры, в программную среду с реализацией модулей поддержки принятия решения при предотказах. Описаны методы реализации мониторинговой среды. При проектировании новых систем, новом строительстве, а также внедрении этой среды в уже существующих системах произойдет сокращение времени на поиск неисправностей, что позволит сократить время простоев сортировочной горки.

В дальнейшем развитие мониторинговых систем горочной инфраструктуры, имеющих возможность получения информации о напряжениях на устройствах интеграции с системами, позволяющими анализировать параметры, делать заключения об отказавшем элементе, подсказывать электромеханику, что необходимо предпринять, даст возможность перейти к полностью автоматизированному роспуску и снизить нагрузку на операторов. Внедрение в системы автоматики сетевых промышленных протоколов позволит организовать беспроводные сети для передачи данных о состоянии устройств автоматики, появится возможность передавать контрольную информацию с устройств [23–25]. Благодаря внедрению технологии сенсорных сетей и про-



токолов беспроводной связи снизятся затраты на прокладку кабеля, а система централизации станет более гибкой и будет иметь возможность расширения при малых капиталовложениях и затратах времени.

## Библиографический список

1. Шелухин В. И. Автоматизация и механизация сортировочных горок : учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта / В. И. Шелухин. – М. : Маршрут, 2005. – 240 с.
2. Шабельников А. Н. КСАУ СП – новое направление автоматизации сортировочных горок / А. Н. Шабельников, В. Н. Соколов // Автоматика, связь, информатика. – 2017. – № 8. – С. 2–4.
3. Андронов Д. В. Опыт эксплуатации системы КСАУ СП / Д. В. Андронов // Автоматика, связь, информатика. – 2013 – № 11. – С. 16–18.
4. Сепетый А. А. Опытная эксплуатация системы СКА-СП на сортировочной горке / А. А. Сепетый, А. Ю. Сергеев, И. А. Фарапонов, М. В. Римский // Автоматика, связь, информатика. – 2017. – № 5. – С. 24–29.
5. Розенберг Е. Н. Цифровая железная дорога / Е. Н. Розенберг, В. И. Уманский, Ю. В. Дзюба // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 5. – С. 45–49.
6. Ефанов Д. В. Интеграция систем непрерывного мониторинга и управления движением на железнодорожном транспорте / Д. В. Ефанов // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 4. – С. 62–65.
7. 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.
8. Ефанов Д. В. Непрерывное диагностирование устройств СЦБ / Д. В. Ефанов, П. А. Плеханов // Автоматика, связь, информатика. – 2012. – № 6. – С. 18–20.
9. Ефанов Д. В. О достоверности фиксации предотказных состояний в системах непрерывного контроля устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов, Н. А. Богданов // Транспорт : наука, техника, управление. – 2012. – № 2. – С. 27–30.
10. Efanov D. New Technology in Sphere of Diagnostic Information Transfer within Monitoring System of Transportation and Industry / D. Efanov, D. Pristensky, G. Osadchy, I. Razvitnov, D. Sedykh, P. Skurlov // Proceedings of 15th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2017), Novi Sad, Serbia, September 29 – October 2, 2017. – Pp. 231–236.
11. Ефанов Д. В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : монография / Д. В. Ефанов. – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 171 с.
12. Сергеев А. Ю. Автоматизация технического обслуживания горочных устройств ЖАТ / А. Ю. Сергеев, И. А. Фарапонов, М. А. Аллес // Автоматика, связь, информатика. – 2013. – № 11. – С. 10–12.



13. Кобзев В. А. Обслуживание устройств СЦБ на сортировочных горках / В. А. Кобзев, А. А. Солдатов // Автоматика, связь, информатика. – 2017. – № 8. – С. 29–33.
14. Сапожников Вл. В. Понятие предотказного состояния / Вл. В. Сапожников, А. А. Лыков, Д. В. Ефанов // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 12. – С. 6–8.
15. Ефанов Д. В. О методе выявления логических ситуаций в системах технической диагностики и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2010. – № 4. – С. 66–71.
16. Tshagharyan G. Securing Test Infrastructure of System-on-Chips / G. Tshagharyan, G. Harutyunyan, S. Shoukourian, Y. Zorian // Proceedings of 14th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2016), Yerevan, Armenia, October 14–17, 2016. – Pp. 29–32.
17. Одикадзе В. Р. Мониторинг сортировочной горки / В. Р. Одикадзе, Д. В. Родионов // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 2. – С. 10–12.
18. Efanov D. Protocol of Diagnostic Information Transmission via Radio Channel Concerning Health Monitoring of Infrastructure of Russian Rail Roads / D. Efanov, G. Osadchy, D. Sedykh // Proceedings of 3ed International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), St. Petersburg, Russia, May 16–19, 2017. – [St. Petersburg, 2017].
19. Espeholt Lasse. IMPALA : Scalable Distributed Deep-RL with Importance Weighted Actor-Learner Architectures / Lasse Espeholt, Hubert Soyer, Remi Munos, Karen Simonyan, Volodymir Mnih, Tom Ward, Yotam Doron, Vlad Firoiu, Tim Harley, Iain Dunning, Shane Legg, Koray Kavukcuoglu // Cornell University Library, 2018. – 20 p.
20. Xue Feng. Study on dispatching IDSS for railway marshalling yard / Feng Xue, Jian Luo // World Automation Congress (WAC), 2012, Puerto Vallarta, Mexico, Mexico, 24–28 June 2012. – Pp. 1–4.
21. Lin Edward. A rail yard simulation framework and its implementation in a major railroad in the U. S. / Edward Lin, Clark Cheng YardSim // Simulation Conference (WSC), Proceedings of the 2009 Winter, Austin, TX, USA, 13–16 December, 2009. – Pp. 2532–2541.
22. Khadilkar Harshad. Rule-based discrete event simulation for optimising railway hump yard operations / Harshad Khadilkar, Sudhir Kumar Sinha // Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2016 IEEE International Conference on, Bali, Indonesia, 4–7 December, 2016. – Pp. 1151–1155.
23. Насонов Г. Ф. Радиоканал для передачи данных в системах непрерывного мониторинга / Г. Ф. Насонов, Г. В. Осадчий, Д. В. Ефанов, Д. В. Седых // Автоматика, связь, информатика. – 2016. – № 11. – С. 2–5.
24. Ефанов Д. В. Особенности организации передачи данных по радиоканалу в системах непрерывного мониторинга объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий, Д. В. Седых, Д. Н. Пристенский // Автоматизация в промышленности. – 2016. – № 6. – С. 29–33.

25. Насонов Г. Ф. Сети передачи данных для мониторинга объектов инфраструктуры / Г. Ф. Насонов, Г. В. Осадчий, Д. В. Ефанов, Д. В. Седых // Автоматика, связь, информатика. – 2017. – № 2. – С. 5–8.

*Valery V. Khoroshev,*

«Automation, Remote Control and Communication on Railway Transport»  
department  
Russian University of Transport

### **Improvement of fault tolerance of automatic reforming cars equipment on railroad yards for the continuous monitoring**

In this paper presents conceptual solutions for improving the reliability of the marshaling yards systems. Authors analyzed the marshaling yards system of centralization like a CSAU SP, BGAAC, ARS GTCC. Weak points are considered. Methods are proposed to improve reliability by introducing a continuous monitoring of the infrastructure with the introduction of diagnostic data processing algorithms into the software environment. Researched the method of expanding the diagnostic capabilities of the system centralization of marshalling yard. In this article are presents methods for simplifying the operation for technical personnel servicing the infrastructure of the marshalling yards. The article describes the rationale for integrating information processing algorithms into the software environment to simplify and accelerate the search for failures and reduce the downtime of sorting stations.

marshalling yard; diagnostics; marshalling yard infrastructure; automatics and remote control; safety; monitoring; Ubiquitous sensor networks (USN); maintenance; continuous monitoring; fully connected monitoring; all-around monitoring

### **References**

1. Shelukhin V.I. (2005). Automation and mechanization of railroad yards. Book for technical schools and colleges of transport [Avtomatizaciya i mekhanizaciya sortirovochnyh gorok; Uchebnik dlya tekhnikumov i kolledzhej zh.-d. transporta]. Mosow, Marshrut. – 240 p.
2. Shabelnikov A.N., Sokolov V.N. (2017). KSAU SP – a new direction of automation of marshelling yards [KSAU SP – novoe napravlenie avtomatizacii sortirovochnyh gorok. Automation, communication, informatics [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 8. – Pp. 2–4.
3. Andronov D. V. (2013). Experience in the operation of the KSAU SP system [Opyt ehkspluatatsii sistemy KSAU SP]. Automation, communication, informatics [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 11.– Pp. 16–18.

4. Septet A. A., Sergeev A. Yu., Faraponov I. A., Rimsky M. V. (2017). Experimental operation of the SKA-SP system on the marshalling yards [Opytnaya ehkspluatsiya sistemy SKA-SP na sortirovochnoj gorke]. Automation, communication, informatics [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 5. – Pp. 24–29.
5. Rozenberg E. N., Umansky V. I., Dzyuba Yu. V. (2017). Digital Railway [Cifrovaya zheleznaya doroga]. Transport of the Russian Federation [Transport Rossijskoj Federacii], issue 5. – Pp. 45–49.
6. Efanov D. V. (2017). Integration of continuous monitoring and traffic management systems in rail transport [Integraciya sistem nepreryvnogo monitoringa i upravleniya dvizheniem na zheleznodorozhnom transporte]. Transport of the Russian Federation [Transport Rossijskoj Federacii], issue 4. – Pp. 62–65.
7. Lykov A. A., Efanov D. V., Vlasenko S. V. (2012). Technical Diagnostics and Monitoring devices of the railway automatic [Tekhnicheskoe diagnostirovanie i monitoring sostoyaniya ustrojstv ZHAT]. Transport of the Russian Federation [Transport Rossijskoj Federacii], issue 5. – Pp. 67–72.
8. Efanov D. V., Plekhanov P. A. (2012). Continuous diagnostics of railway automatic and remote control devices [Nepreryvnoe diagnostirovanie ustrojstv SCB]. Automatic, communication, informatics [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 6. – Pp. 18–20.
9. Efanov D. V., Bogdanov N. A. (2012). On the reliability of fixing the pre-failure states in the systems of continuous monitoring of the devices of railway automation and remote control [O dostovernosti fiksacii predotkaznyh sostoyanij v sistemah nepreryvnogo kon-trolya ustrojstv zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki]. Transport: science, technology, management [Transport: nauka, tekhnika, upravlenie], issue 2. – Pp. 27–30.
10. Efanov D., Pristensky D., Osadchy G., Razvitnov I., Sedykh D., Skurlov P. (2017). New Technology in Sphere of Diagnostic Information Transfer within Monitoring System of Transportation and Industry, Proceedings of 15th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2017), Novi Sad, Serbia, September 29 – October 2. – Pp. 231–236.
11. Efanov D. V. (2016). Functional control and monitoring of railway automation and telemechanics devices, monograph [Funkcional'nyj kontrol' i monitoring ustrojstv zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki: monografiya]. St. Petersburg, FGBOU VO PGUPS. – 171 p.
12. Sergeev A. Yu., Faraponov I. A., Alles M. A. (2013). Automation of technical maintenance of the marshalling yards devices [Avtomatizaciya tekhnicheskogo obsluzhivaniya gorochnyh ustrojstv ZHAT]. Automation, communication, informatics [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 11. – Pp. 10–12.
13. Kobzev V. A., Soldatov A. A. (2017). Servicing of automatic and remote control devices on the marshalling yards [Obsluzhivanie ustrojstv SCB na sortirovochnyh gorkah]. Automation, communication, informatics [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 8. – Pp. 29–33.
14. Sapozhnikov V. I., Lykov A. A., Efanov D. V. (2011). The concept of a pre-failure state [Ponyatie predotkaznogo sostoyaniya]. Automatics, communication, informatics [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 12. – Pp. 6–8.

15. Efanov D. V. (2010). About the method of revealing logical situations in the systems of technical diagnostics and monitoring of devices of railway automatics and remote control' [O metode vyyavleniya logicheskikh situacij v sistemah tekhnicheskoy diagnostiki i monitoringa ustrojstv zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki]. Bulletin of the Rostov State University of Railway Transport [Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya], issue 4. – Pp. 66–71.
16. Tshagharyan G., Harutyunyan G., Shoukourian S., Zorian Y. (2016). Securing Test Infrastructure of System-on-Chips. Proceedings of 14th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2016), Yerevan, Armenia, October 14–17. – Pp. 29–32.
17. Odikadze V. R., Rodionov D. V. (2011). Monitoring of the marshaling yards [Monitoring sortirovochnoj gorki]. Automation, communication, informatics [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 2. – Pp. 10–12.
18. Efanov D., Osadchy G., Sedykh D. (2017). Protocol of Diagnostic Information Transmission via Radio Channel Concerning Health Monitoring of Infrastructure of Russian Railways. Proceedings of 3ed International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). St. Petersburg, Russia, May 16–19. – Pp. 1–6.
19. Espeholt Lasse, Soyer Hubert, Munos Remi, Simonyan Karen, Mnih Volodymir, Ward Tom, Doron Yotam, Firoiu Vlad, Harley Tim, Dunning Iain, Legg Shane, Kavukcuoglu Koray (2018). IMPALA, Scalable Distributed Deep-RL with Importance Weighted Actor-Learner Architectures. Cornell University Library. – P. 20.
20. Xue Feng, Luo Jian (2012). Study on dispatching IDSS for railway marshalling yard. World Automation Congress (WAC), Puerto Vallarta, Mexico, Mexico, 24–28 June. – Pp. 1–4.
21. Lin Edward, Cheng Clark (2009). YardSim: A rail yard simulation framework and its implementation in a major railroad in the U. S. Proceedings Winter Simulation Conference (WSC), Austin, TX, USA, 13–16 December. – Pp. 2532–2541.
22. Khadilkar Harshad, Sudhir Kumar Sinha (2016). Rule-based discrete event simulation for optimising railway hump yard operations. Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), IEEE International Conference on, Bali, Indonesia, 4–7 December. – Pp. 1151–1155.
23. Nasonov G. F., Osadchii G. V., Efanov D. V., Sedykh D. V. (2016). Radio channel for data transmission in the systems of continuous monitoring [Radiokanal dlya peredachi dannyh v sistemah nepreryvnogo monitoringa]. Automation, communication, informatics [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 11. – Pp. 2–5.
24. Efanov D. V., Osadchii G. V., Sedykh D. V., Pristensky D. N. (2016). Features of the organization of data transmission over a radio channel in the systems of continuous monitoring of objects of the railway transport infrastructure [Osobennosti organizacii peredachi dannyh po radiokanalu v sistemah nepreryvnogo monitoringa ob'ektov infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta]. Automation in industry [Avtomatizaciya v promyshlennosti], issue 6. – Pp. 29–33.
25. Nasonov G. F., Osadchii G. V., Efanov D. V., Sedykh D. V. (2017). Data transmission networks for monitoring of infrastructure objects [Seti peredachi dannyh dlya

monitoringa ob"ektov infrastruktury]. Automation, communication, informatics [Автоматика, связь, информатика], issue 2. – Pp. 5–8.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии Е. Н. Розенбергом  
Поступила в редакцию 13.02.2018, принята к публикации 29.03.2018*

*ХОРОШЕВ* Валерий Вячеславович – ассистент, аспирант кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Российского университета транспорта (МИИТ).  
e-mail: hvv91@icloud.com

© Хорошев В. В., 2018