



Мониторинг сложных типовых объектов железнодорожной автоматики



Дмитрий ЕФАНОВ

Dmitry V. EFANOV

Monitoring of Compound Standard Objects of Railway Automation

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 81)

Современные системы непрерывного мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики получают большой набор дискретной и аналоговой диагностической информации, который трудно анализировать при техническом обслуживании и поиске неисправностей. С целью централизации информации и удобства её конечному пользователю в системе «Аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля» (АПК-ДК) предложено группировать данные от типовых объектов автоматики и выводить их в отдельные технологические окна. В статье рассказывается об измерительных контроллерах АПК-ДК, а также порядке вывода информации о таких сложных объектах железнодорожной автоматики, как электропитающие установки, управляющие вычислительные комплексы систем микропроцессорных централизаций и сигнальные точки автоблокировки.

Ключевые слова: железнодорожная автоматика и телемеханика, непрерывный мониторинг, типовые объекты, анализ диагностической информации.

Ефанов Дмитрий Викторович – доктор технических наук, доцент, руководитель направления систем мониторинга и диагностики ООО «ЛокоТех-Сигнал», Москва, Россия.

Системы непрерывного мониторинга технического состояния позволяют оперативно фиксировать отклонения от норм критически важных параметров устройств, обеспечивающих качество и безопасность ответственных технологических процессов, что, в свою очередь, помогает обслуживающему персоналу вовремя предотвращать развивающиеся неисправности [1–3].

На железнодорожном транспорте, однако, не все технически сложные объекты, вовлечённые в перевозочный процесс, снабжены средствами мониторинга. Как правило, широко распространён лишь периодический мониторинг технического состояния объектов инфраструктуры, что связано с географической распределённостью объектов мониторинга, их особенностью расположения, непосредственным взаимодействием с подвижным составом и т.д. [4–13].

Средствами непрерывного мониторинга достаточно полно в настоящее время оборудуются устройства и системы железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) [14]. Измерительные контроллеры подключаются в специально выбранные схемные узлы ЖАТ как на постах электрической

централизации, так и в местах локализации децентрализованных объектов (релейных шкафов переездов и сигнальных точек автоблокировки). Измеренные данные по кабельной сети (в исключительных случаях — с использованием сотовой связи [15]) передаются на линейные посты для обработки и выдачи результатов техническому персоналу дистанций сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ). Информация транслируется на центральные посты, расположенные в зданиях дистанций СЦБ, а также на верхний уровень иерархии — в сетевые центры мониторинга [16].

В статье рассматриваются особенности мониторинга сложных типовых объектов ЖАТ и централизации обработки и выдачи диагностической информации обслуживающему персоналу средствами системы технического диагностирования и мониторинга «Аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля» (АПК-ДК СТДМ).

1. МНОГООБРАЗИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В системе АПК-ДК СТДМ диагностическая информация получается путём подключения специализированных измерительных контроллеров, работающих в основном с электрическими величинами, в схемные узлы постовых устройств ЖАТ и релейных шкафов. Контроллеры отличаются количеством датчиков и различными рабочими диапазонами измеряемых величин. Подключаются в электрические цепи с соблюдением условий по безопасности — они не должны влиять на работу основных устройств автоматики. С этой целью в измерительных приборах предусматривается использование различных конструктивных мер: гальванической развязки (трансформаторной или оптической), защитных и ограничивающих резисторов и диодов, а также приспособлений измерения напряжённости магнитного поля (датчиков Холла) [17–19].

Измерительные контроллеры получают либо только дискретную, либо только аналоговую информацию, либо являются устройствами комбинированного типа данных. Для некоторых объектов предусмотрено определение лишь одного типа данных (например, дискретные состояния ячеек технологического назначения пуль-

тов-табло дежурных по станциям), а для других — расширенного набора (допустим, дискретные и аналоговые параметры устройств энергоснабжения системы централизации стрелок и сигналов).

2. КОНТРОЛЬ СЛОЖНЫХ ТИПОВЫХ ОБЪЕКТОВ

Даже на небольшой станции (до 30 стрелок) объём диагностической информации весьма существенный: таблицы телесигнализации и телеизмерений содержат более тысячи дискретных и аналоговых параметров различных устройств автоматики. Ввиду этого важным является централизованное представление диагностической информации в технологических окнах автоматизированных рабочих мест (АРМ) системы АПК-ДК.

Дискретная информация об основных напольных объектах ЖАТ выводится в технологическом окне пультового отображения станции (или перегона). На рис. 1 представлено такое окно для одной из станций Октябрьской железной дороги, устройства автоматики которой контролируются средствами АПК-ДК. Информация выводится в специализированной цветовой гамме, а аналоги цветов в черно-белой гамме приведены на рис. 2 (цветной вариант представлен в электронной версии журнала на сайте elib.rgu.ru). Приводятся данные, фактически собранные с пульта-табло дежурного по станции при релейной системе управления, либо полученные путём сопряжения с управляющим вычислительным комплексом (УВК) микропроцессорной системы централизации. Данные отражают дискретные состояния рельсовых цепей (свободна, занята, замкнута, размыкается), светофоров (наличие разрешающего или запрещающего показания либо неисправности), стрелок (контроль положения), а также ячеек технологического назначения. При необходимости к соответствующим объектам могут быть выведены результаты мониторинга аналоговых параметров (например, напряжений питания рельсовых цепей). Наличие критических отклонений от норм показывается миганием измеренного параметра (жёлтого цвета при предотказном состоянии и красного — при отказе).

Из рис. 1 явствует, что даже дискретных данных достаточно много в системе и что





Бушевец 2/5

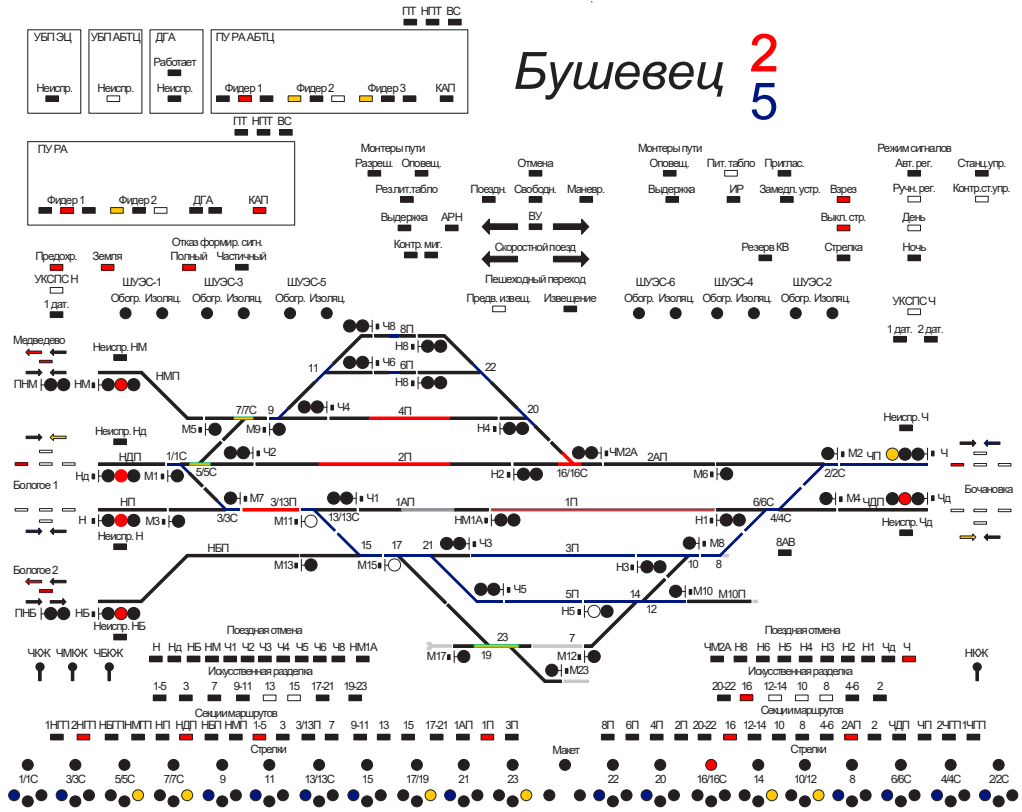


Рис. 1. Вывод данных о поездной обстановке на станции.

их вывод в одном технологическом окне крайне затрудняет анализ информации техническим персоналом дистанций СЦБ и центров мониторинга.

С целью централизации диагностической информации от сложных типовых объектов ЖАТ разработчиками системы АПК-ДК было принято решение о введении специальных дополнительных технологических окон, включающих в себя все данные мониторинга типовых объектов. Эти технологические окна (так называемые «четвёртые виды») выводятся на экран АРМ при двойном щелчке «мыши» по сгруппированному объекту, расположенному в прямоугольной форме в левом верхнем углу основного технологического окна (см. рис. 1).

Типовыми объектами в системе АПК-ДК являются электропитающая установка (рис. 2), устройство бесперебойного питания (УБП) (рис. 3), дизель-генераторный агрегат (ДГА) (рис. 4), устройства УВК микропроцессорной централизации (рис. 5), объекты сигнальной точки автоблокировки (рис. 6), а также средства са-

модиагностирования в системе мониторинга (рис. 7).

Для контроля устройств энергоснабжения предусмотрено сразу несколько технологических окон. В питающей установке условными обозначениями показаны пути протекания токов – по зелёным цветам линий можно определить объекты, от которых осуществляется питание (например, на рис. 2 это фидер 2, напряжение в фидерах 1 и 3 есть (см. аналоги зелёных линий в устройстве ввода питания фидеров ВУФ1 и ВУФ3). В окне отображения электропитающей установки отдельно изображён трансформаторный щит (ТЩ), где выведены полюса питания. При необходимости технолог может включить режим просмотра измерительной информации по любому объекту. Наведение курсора мыши на измерительное поле выводит подсказку о том, какой именно параметр измеряется.

Отдельно в системе АПК-ДК выводится информация о состоянии УВК микропроцессорной централизации. Например, на рис. 5 показана функциональная схема УВК системы микропроцессорной центра-

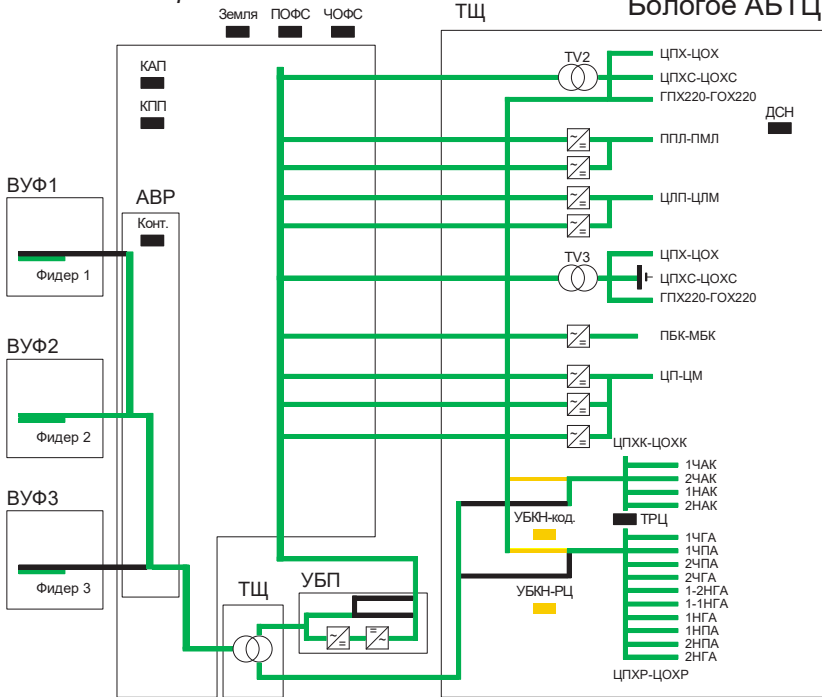


Рис. 2. Вывод данных о техническом состоянии элементов электропитающих установок.

УБП

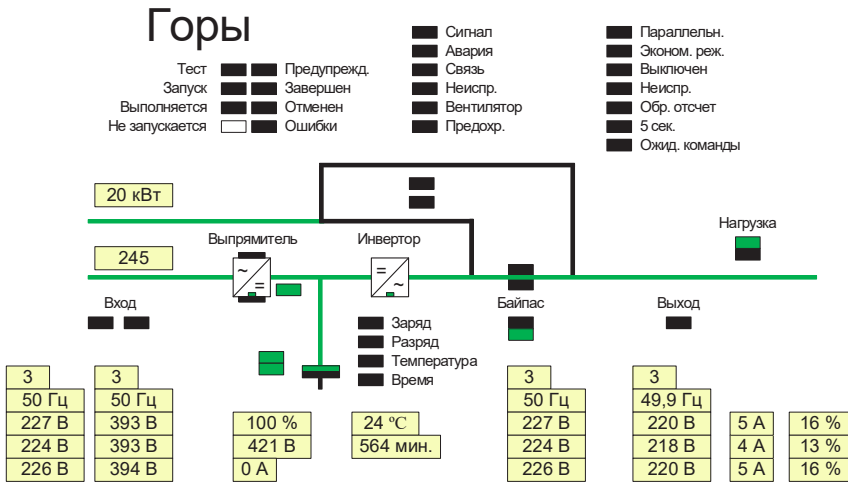


Рис. 3. Вывод данных о техническом состоянии УБП.

лизации ЭЦ-ЕМ. Три рабочих места дежурного по станции (РМ) связаны между собой и блоками центральных постовых устройств (ЦПУ). В исправном состоянии все линии связи подсвечиваются зелёным цветом, сигнализация красным цветом соответствует случаям возникновения нарушений в работе. Для контроля триад модулей съёма информации (МСИ), модулей вы-

ходных усилителей (МВУ), а также модулей безопасного контроля и отключения (МБКО) предусмотрены ячейки, при исправности каждого из объектов горящие зелёным цветом, а в случае отказов загорающиеся красным.

Для контроля состояния объектов сигнальных точек автоблокировки используется специализированный прибор (конт-



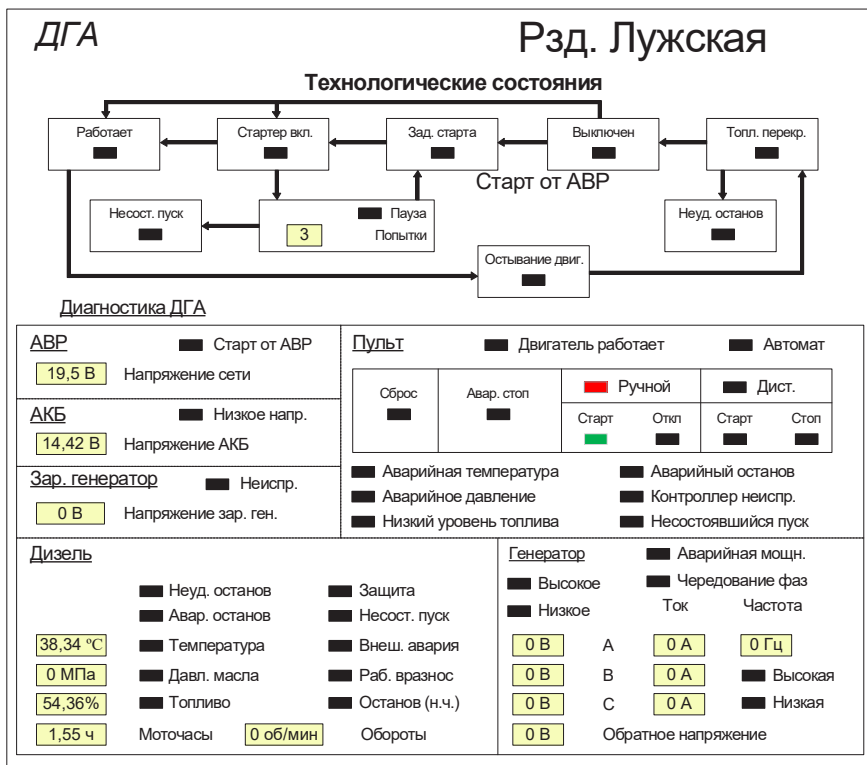


Рис. 4. Вывод данных о техническом состоянии ДГА.

Шкаф УВК

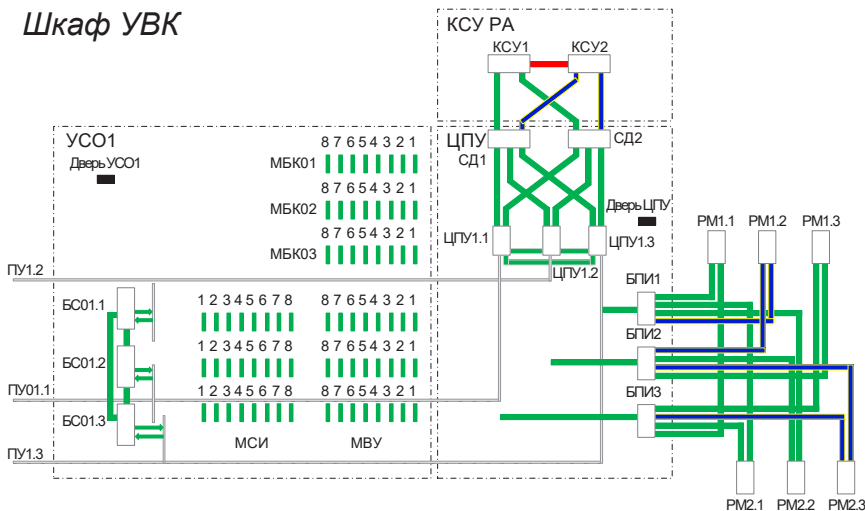


Рис. 5. Контроль технического состояния УВК микропроцессорной системы централизации.

роллер АДСУ [18]), а данные также выводятся в типовое технологическое окно (рис. 6). В окне оборудования сигнальных точек показан в виде структуры принцип действия рельсовой цепи. Здесь зелёным цветом обозначены пути протекания токов при установленном чётном и нечётном направлениях движения поездов (для обозначенных путей перегонов). По сравнению

с предыдущими отображениями здесь есть уникальные индикаторы состояния реле и кодовых путей трансмиттеров (КПТШ). Стрелка реле направлена вверх и горит зелёным при включённом реле, в противном случае – стрелка направлена вниз. Индикатор КПТШ показывает цвет, соответствующий вырабатываемому им коду.

9СТ

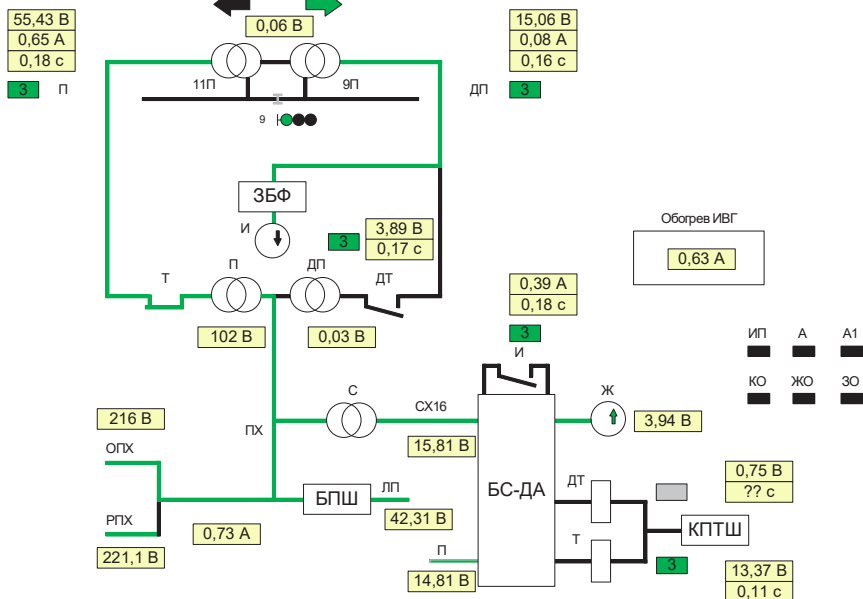


Рис. 6. Вывод данных о техническом состоянии сигнальной точки автоблокировки.

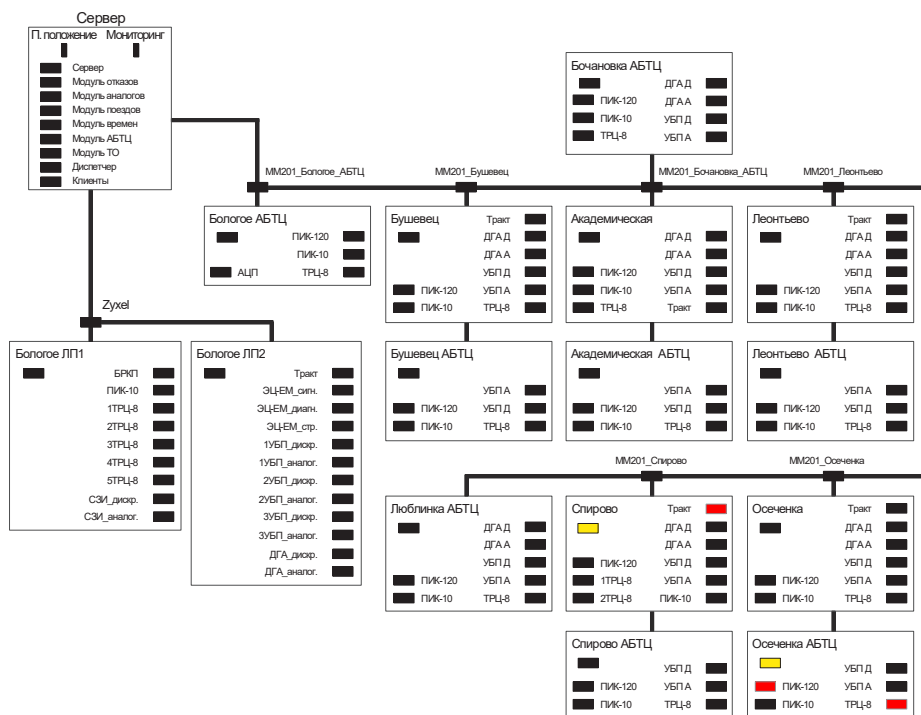


Рис. 7. Уровень самодиагностирования в системе мониторинга.

Для организации вывода результатов самодиагностирования системы мониторинга разработано технологическое окно, представленное на рис. 7. Здесь индикаторами показаны состояния всех устройств съёма диагностической информации в пре-

делах одной дистанции СЦБ, а также взаимосвязи между концентраторами данных. В нормальном состоянии (когда все контроллеры и связи между устройствами исправны) все индикаторы горят чёрным цветом. В случае потери работоспособности





сти одним из устройств получения диагностических данных ячейка возле наименования станции загорается жёлтым цветом. При отказе всех измерительных контроллеров на станции или самого концентратора информации ячейка горит красным. Для контроля состояния сервера предусмотрено отдельное поле: здесь индицируется состояние самого сервера и программных средств АРМ АПК-ДК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанные при участии автора виды технологических окон прошли процедуру апробации, тестирования и адаптации и интегрированы в АРМ верхнего уровня системы АПК-ДК. Использование централизованного представления диагностической информации существенно облегчает работу технического персонала дистанций СЦБ и ситуационных центров мониторинга как при обслуживании устройств автоматики, так и при поиске возникающих неисправностей.

При этом следует отметить, что использование средств непрерывного мониторинга как устройств ЖАТ, так и в целом объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта позволяет не только совершенствовать технологии обслуживания, но и создаёт возможности для перехода к умному (smart) железнодорожному комплексу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Розенберг И. Н., Замышляев А. М., Прошин Г. Б. Совершенствование системы управления содержанием эксплуатационной инфраструктуры с применением современных информационных технологий // Надёжность. – 2009. – № 4. – С. 14–22.
2. Вотолевский А. Л. АСУ и технологии обслуживания устройств ЖАТ // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 11. – С. 36–38.
3. Шаманов В. И. Математические модели надёжности систем железнодорожной автоматики и телемеханики // Автоматика на транспорте. – 2017. – № 1. – С. 7–19.
4. Долинский К. Ю., Лыков А. А., Соколов В. Б., Соколов В. А., Осадчий Г. В. Реализация системы непрерывной диагностики и мониторинга состояния путепроводов на участке высокоскоростного движения поездов // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 11. – С. 34–35.
5. Eker O. F., Camci F., Guclu A., Yilboga H., Sevkli M., Baskan S. A Simple State-Bases Prognostic Model for Railway Turnout Systems // IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2011, vol. 58, Iss. 5, pp. 1718–1726.

6. Осадчий Г. В., Лыков А. А. Система диагностики и удалённого мониторинга состояния железнодорожного пути // Открытое образование. – 2011. – № 2–2. – С. 221–224.

7. Сепетый А. А., Федорчук А. Е. Технология диагностирования и мониторинга устройств ЖАТ на уровне дистанций автоматики и телемеханики // Информатизация и связь. – 2013. – № 2. – С. 71–76.

8. Mizan M., Karwowski K., Karkosiński D. Monitoring odbieraków prądu w warunkach eksploatacyjnych na linii kolejowej // Przegląd Elektrotechniczny, 2013, R89, nr 12, pp. 154–160.

9. Park Y., Lee K., Park C., Kim J.-K., Jeon A., Kwon S., Cho Y. H. Video Image Analysis in Accordance with Power Density of Arcing for Current Collection System in Electric Railway // The Transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers. – 2013. – Vol. 62. – Iss. 9. – Pp. 1343–1347.

10. Сепетый А. А., Фарапонов И. А., Карпов А. А. Мониторинг объектов инфраструктуры в СТДМ АПК-СЦБ // Автоматика, связь, информатика. – 2014. – № 12. – С. 33–35.

11. Хорошев В. В. Непрерывный контроль механических параметров подвижных элементов стрелочных переводов // Автоматика на транспорте. – 2017. – № 1. – С. 69–87.

12. Белый А. А. Вероятностное прогнозирование технического состояния эксплуатируемых железобетонных мостовых сооружений мегаполиса // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 2. – С. 64–74.

13. Ефанов Д. В., Осадчий Г. В., Седых Д. В. Непрерывный мониторинг железнодорожной контактной подвески // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 3. – С. 20–24.

14. Ефанов Д. В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики: Монография. – СПб.: ПГУПС, 2016. – 171 с.

15. Иванов А. А., Легоньков А. К., Молодцов В. П. Передача данных с устройств оборудования переезда аппаратурой АПК-ДК при отсутствии физической линии и круглосуточного дежурства // Автоматика на транспорте. – 2016. – № 1. – С. 65–80.

16. Вотолевский А. Л., Меньшиков Н. А. Проектирование дорожных центров мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – № 2. – С. 61–63.

17. Чухонин В. М., Горбунов Б. Л., Басалаев Е. В. Нормирование активной мощности двигателей переменного тока при переводе стрелки // Развитие элементной базы и совершенствование методов построения устройств железнодорожной автоматики и телемеханики: Сб. научн. трудов; под. ред. Вл. В. Сапожника. – СПб.: ПГУПС, 2014. – С. 23–25.

18. Иванов А. А., Легоньков А. К., Молодцов В. П. Новые приборы регистрации параметров устройств железнодорожной автоматики в системе АПК-ДК (СТДМ) // Автоматика на транспорте. – 2015. – № 3. – С. 282–297.

19. Ефанов Д. В. Техническое диагностирование и мониторинг устройств автоматики в метрополитенах // Автоматизация в промышленности. – 2014. – № 3. – С. 4–8.

20. Розенберг Е. Н., Уманский В. И., Дзюба Ю. В. Цифровая экономика и цифровая железная дорога // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 5. – С. 45–49.

Координаты автора: **Ефанов Д. В.** – TrES-4b@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 28.01.2018, принята к публикации 10.03.2018.

Efanov, Dmitry V., LLC LocoTech-Signal, Moscow, Russia.

ABSTRACT

Modern systems of continuous monitoring of railway automation and telemechanics devices receive a large set of discrete and analog diagnostic information that is difficult to be analyzed during maintenance and troubleshooting. For centralization of information and its convenience for an end user, it is offered within the system «Hardware-software complex of dispatch

control» (APK-DK) to group data from typical objects of automation and to output them into separate technological windows. The article describes APK-DK measuring controllers, as well as the order of output of information about such compound objects of railway automation as power supply units, control computers of microprocessor centralization systems and signaling points of automatic blocking.

Keywords: railways, automation and telemechanics, continuous monitoring, typical objects, analysis of diagnostic information.

Background. Systems of continuous monitoring of technical condition allow to quickly detect deviations from standard critical parameters of devices that ensure quality and safety of responsible technological processes, which in turn helps maintenance personnel to prevent evolving malfunctions in time [1–3].

On the railway transport, however, not all technically complex objects involved in transportation process are equipped with monitoring tools. As a rule, only periodic monitoring of the technical condition of infrastructure facilities is widespread, which is related to geographical distribution of monitoring objects, their location, direct interaction with rolling stock, etc. [4–13].

Devices and systems of railway automatics and telemechanics (RAT) are fully equipped with continuous monitoring tools at present [14]. Measuring controllers are connected to specially selected circuit nodes of RAT both on electric centralization posts and in localization places of decentralized objects (relays and moving points of automatic interlocks). Measured data are transferred to line posts via the cable network (in exceptional cases – using cellular communication [15]) for processing and delivering results to the technical personnel of signaling, centralization and blocking distances/sections (SCB). The information is broadcast to central posts located in buildings of SCB distances, as well as to the upper level of the hierarchy – to network monitoring centers [16].

The article considers features of monitoring of complex typical objects of RAT and centralization of processing and delivery of diagnostic information to servicing personnel by means of system of technical diagnosing and monitoring «Hardware-software complex of dispatching control» (APK-DK STDM).

Objective. The objective of the author is to consider monitoring of compound standard objects of railway automation.

Methods. The author uses general scientific, engineering and electrical engineering methods, comparative analysis, evaluation method, simulation, IT tools.

Results.

1. A variety of diagnostic information

In APK-DK STDM system, diagnostic information is obtained by connecting specialized measuring controllers, working mainly with electrical values, to the circuit nodes of RAT and relay boxes. Controllers are distinguished by the number of sensors and different operating ranges of the measured values. They are connected to electrical circuits in compliance with safety conditions – they should not affect operation of the main automation devices. For this

purpose, various design measures are envisaged in measuring devices: galvanic isolation (transformer or optical isolation), protective and limiting resistors and diodes, and devices for measuring the strength of the magnetic field (Hall sensors) [17–19].

Measuring controllers receive either only discrete or only analog information, or they are devices of a combined data type. For some objects, only one type of data is defined (for example, discrete states of technological units of the remote control panels of station duty officers), and for others, an extended set (for example, discrete and analog parameters of power supply devices of the centralization system of switches and signaling).

2. Control of typical compound objects

Even at a small station (up to 30 switches), the volume of diagnostic information is very significant: telesignalization tables and telemetry contain more than a thousand discrete and analog parameters of various automation devices. In view of this, it is important to centralize presentation of diagnostic information in the technological windows of automated workstations (AWS) of APK-DK system.

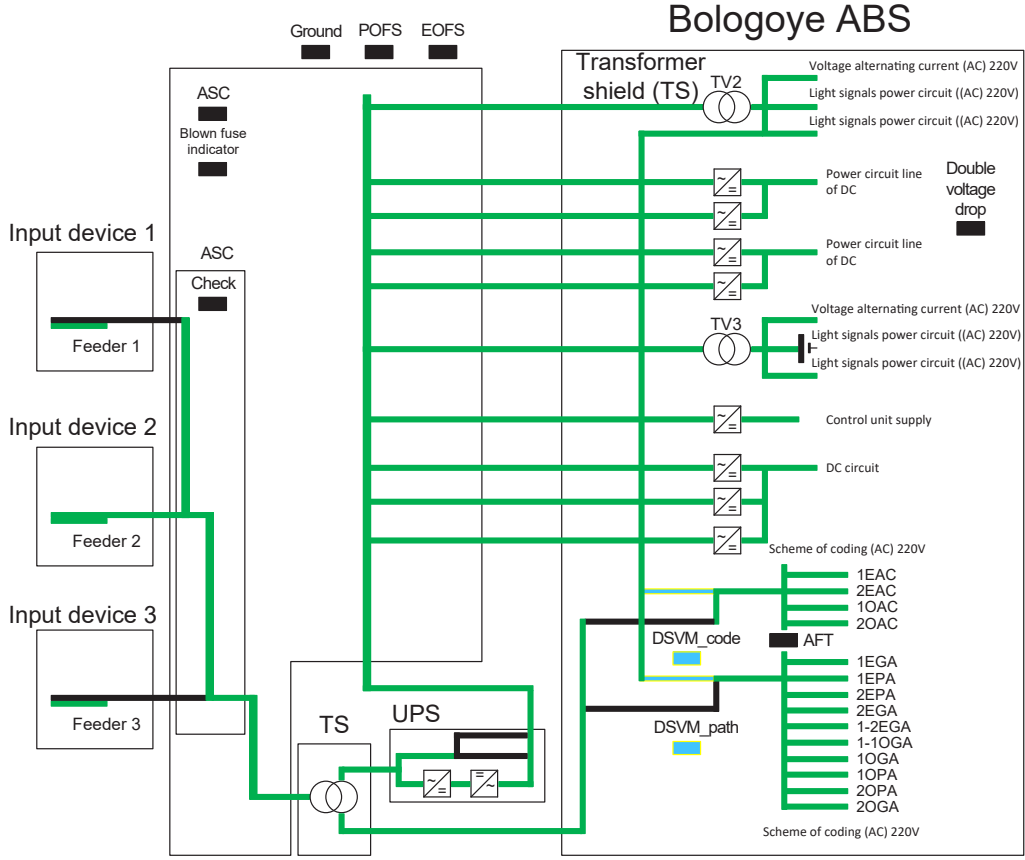
Discrete information about the main floor objects of RAT is displayed in the technological window of the console display of the station (or haul). In Pic. 1 there is such a window for one of stations of Oktyabrskaya railway, automation devices of which are controlled by means of APK-DK. Information is displayed in a specialized color scheme, and analogues of colors in black and white are shown in Pic. 2 (color schemes are available in e-version of the journal at elibrary.ru). Data are provided, as actually collected from the console of the station duty officer in case of relay control system, or obtained by interfacing with the control computer complex (CCC) of the microprocessor centralization system. The data reflect the discrete states of rail circuits (free, occupied, closed, open), traffic lights (presence of permissive or prohibitive indication, or malfunction), switches (position control), and technological cells. If necessary, monitoring results of analog parameters (for example, voltage of rail circuits supply) can be output to the relevant objects. The presence of critical deviations from the norms is indicated by blinking of the measured parameter (yellow in the pre-fault state and red in the failure state).

From Pic. 1 it is clear that even discrete data is quite abundant in the system and that their presentation in one technological window makes the analysis of information by the technical personnel of SCB distances and monitoring centers extremely difficult.

In order to centralize the diagnostic information from the complex typical objects of RAT, the developers



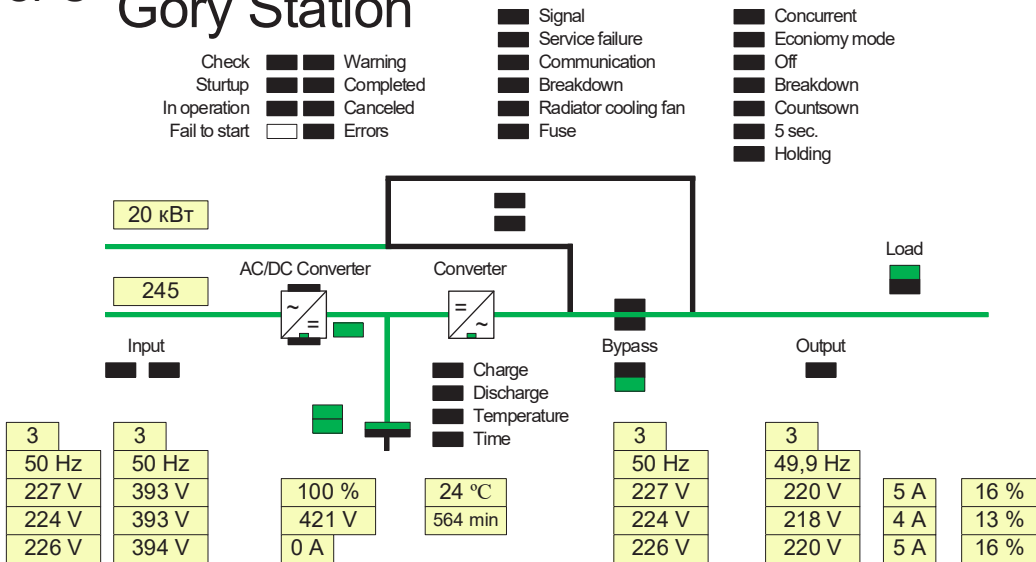
Current distributing plant



DSVM – device for safe voltage monitoring

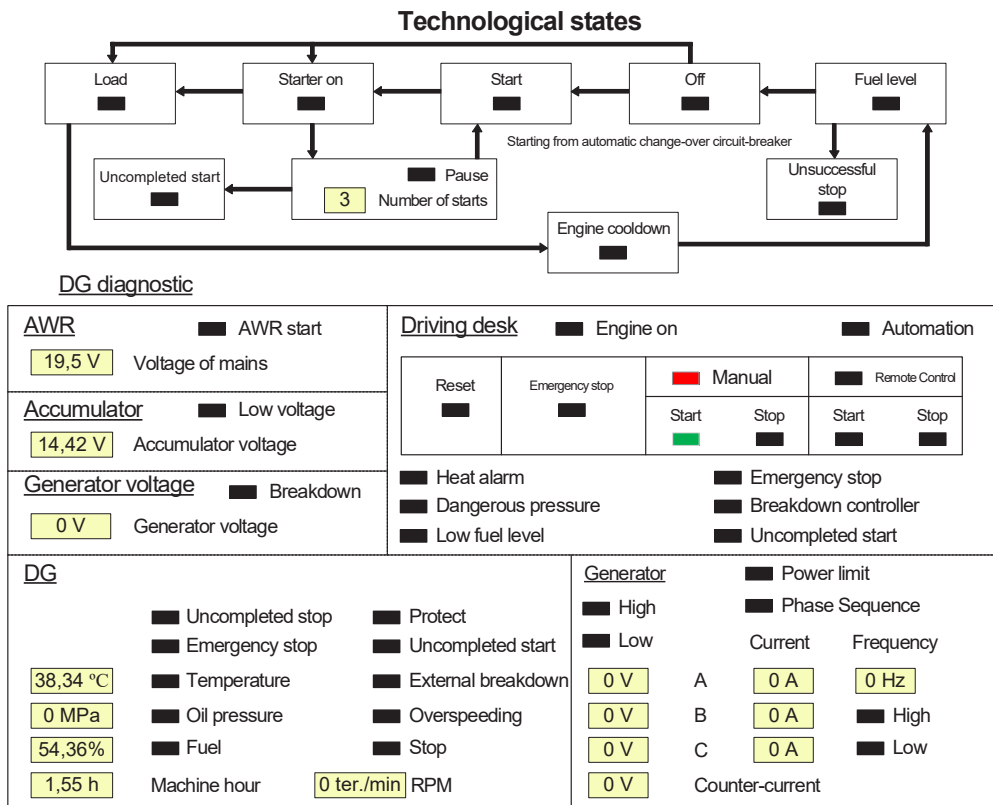
Pic. 2. General view of the display window of the technical state of the elements of power supply units.

UPS Gory Station



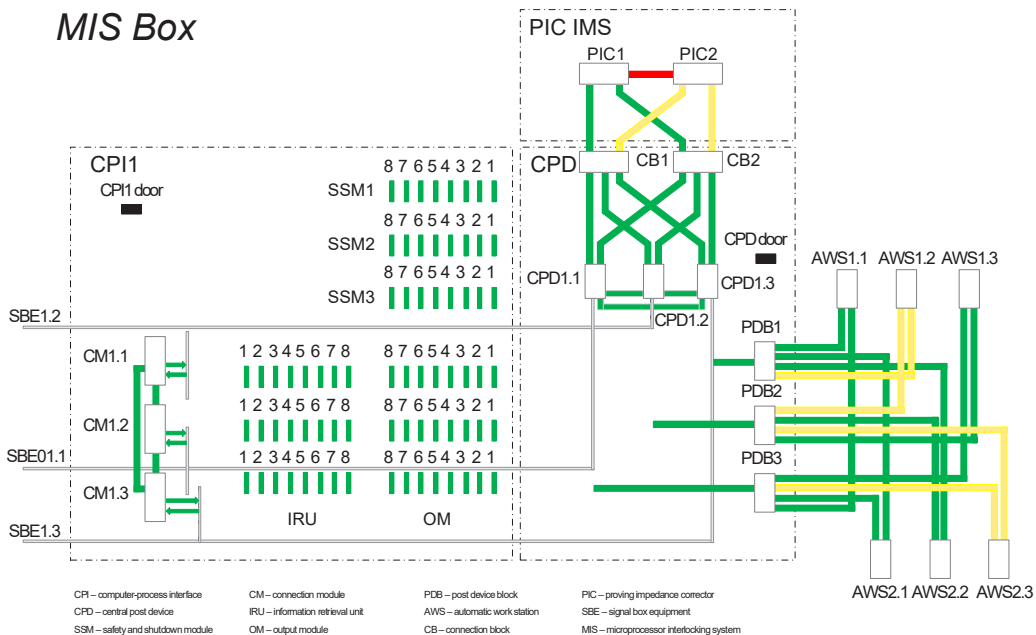
Pic. 3. General view of the display window of the technical state of UPS.





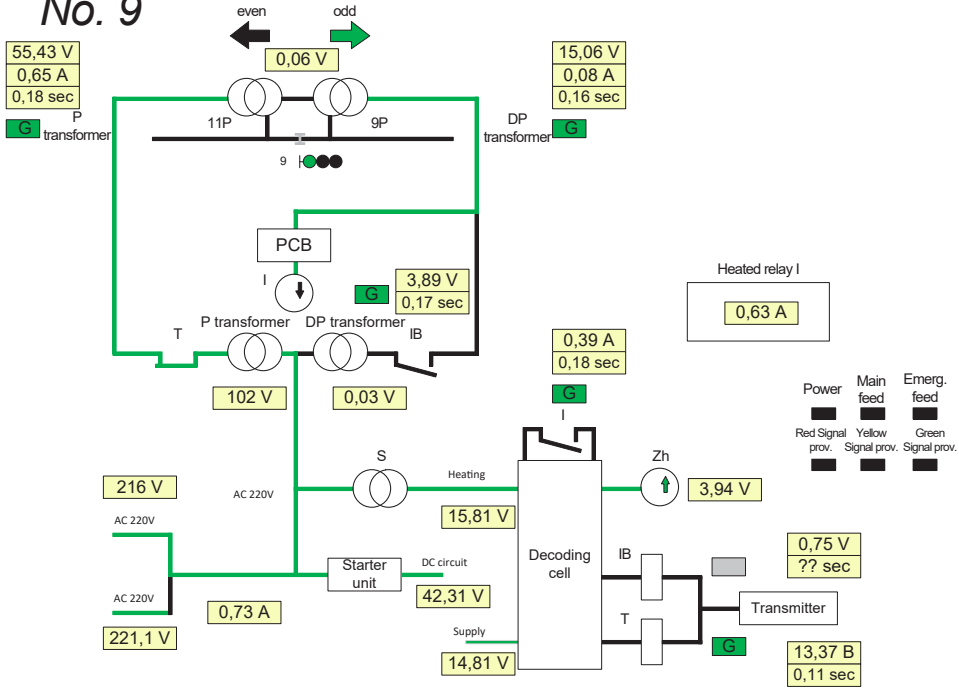
Pic. 4. General view of the display window of the technical state of DGS.

MIS Box

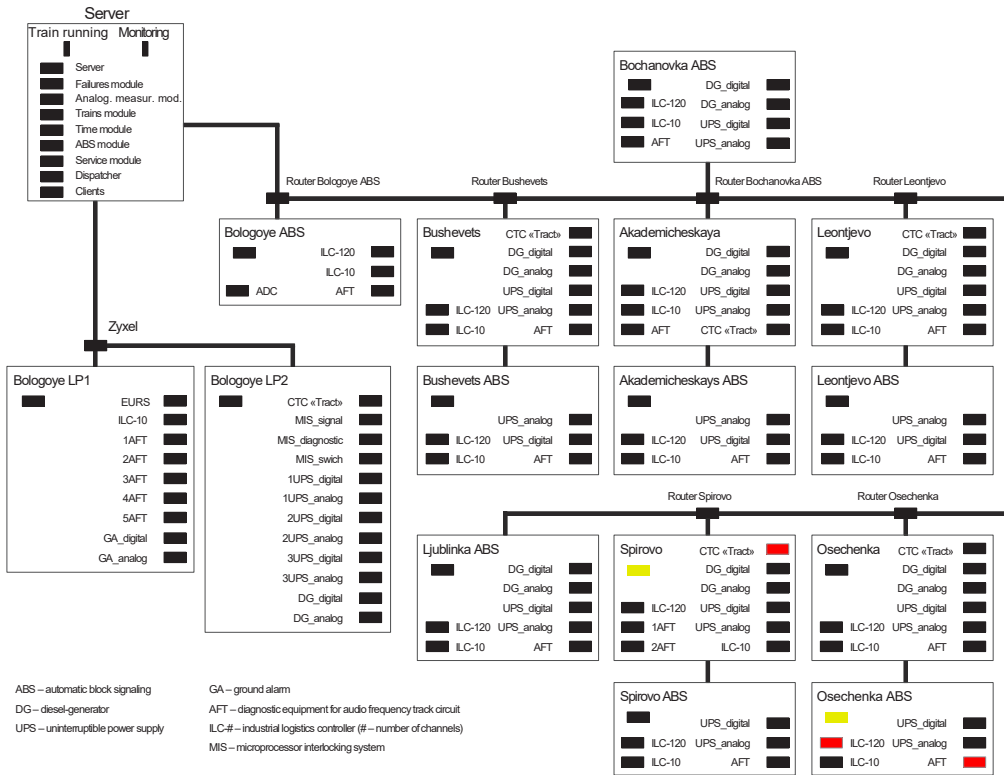


Pic. 5. General view of the display window of the technical state of CCC of microprocessor centralization.

Signal spot No. 9



Pic. 6. General view of the display window of the technical state of an autolock signaling point.



Pic. 7. General view of the self-diagnosis display window of the monitoring system.



are integrated into AWS of the upper level of APK-DK system. The use of a centralized representation of diagnostic information greatly facilitates the work of the technical personnel of SCB distances and situational monitoring centers both in maintenance of automation devices and in search for emerging faults.

At the same time, it should be noted that the use of continuous monitoring tools of both RAT devices and railway infrastructure facilities as a whole allows not only to improve maintenance technologies, but also creates opportunities for transition to a smart railway complex.

REFERENCES

- Rosenberg, I. N., Zamyshlyayev, A. M., Proshin, G. B. Improvement of maintenance management system of the operational infrastructure using modern information technologies [Sovershenstvovanie sistemy upravleniya soderzhaniiem ekspluatatsionoi infrastruktury s primeneniem sovremennykh informatsionnykh tekhnologii]. *Nadezhnost'*, 2009, Iss. 4, pp. 14–22.
- Votolevsky, A. L. ACS and technology maintenance devices of RAT [ASU i tekhnologii obsluzhivaniya ustroystv ZhAT]. *Avtomatika, svyaz, informatika*, 2011, Iss. 11, pp. 36–38.
- Shamanov, V. I. Mathematical models of reliability of railway automation and remote control systems [Matematicheskie modeli nadezhnosti sistem zheleznodorozhnoi avtomatiki i telemehaniki]. *Avtomatika na transporte*, 2017, Iss. 1, pp. 7–19.
- Dolinsky, K. Yu., Lykov, A. A., Sokolov, V. B., Sokolov, V. A., Osadchiy, G. V. Realization of the system of continuous diagnostics and monitoring of the state of overpasses on a high-speed train section [Realizatsiya sistemy nepreryvnoi diagnostiki i monitoring sostoyaniya puteprovodov na uchastke vysokoskorostnogo dvizheniya poezdov]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo*, 2010, Iss. 11, pp. 34–35.
- Eker, O. F., Camci, F., Guclu, A., Yilboga, H., Sevklı, M., Baskan, S. A Simple State-Bases Prognostic Model for Railway Turnout Systems. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2011, Vol. 58, Iss. 5, pp. 1718–1726.
- Osadchiy, G. V., Lykov, A. A. Diagnostic system and remote monitoring of railway track state [Sistema diagnostiki i udalennogo monitoring sostoyaniya zheleznodorozhnogo puti]. *Otkrytoe obrazovanie*, 2011, Iss. № 2–2, pp. 221–224.
- Sepetiy, A. A., Fedorchuk, A. E. Technology of diagnostics and monitoring of RAT devices at the level of distances of automation and telemechanics [Tekhnologiya diagnostirovaniya i monitoring ustroystv ZhAT na urovne distantsii avtomatiki i telemehaniki]. *Informatizatsiya i svyaz'*, 2013, Iss. 2, pp. 71–76.
- Mizan, M., Karwowski, K., Karkosiński, D. Monitoring odbieraków prądu w warunkach eksploatacyjnych na linii kolejowej. *Przegląd Elektrotechniczny*, 2013, R89, nr 12, pp. 154–160.
- Park, Young; Lee, Kiwon; Park, Chulmin; Kim, Jae-Kwang; Jeon, Ahram; Kwon, Sam-Young; Cho, Yong Hyun. Video Image Analysis in Accordance with Power Density of Arcing for Current Collection System in Electric Railway. *Railway The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, 2013, Vol. 62, Iss. 9, pp. 1343–1347.
- Sepetiy, A. A., Faraponov, I. A., Karpov, A. A. Monitoring of infrastructure objects in STDM ADK-SCB [Monitoring ob'ektov infrastruktury v STDM ADK-SCB]. *Avtomatika, svyaz', informatika*, 2014, Iss. 12, pp. 33–35.
- Khoroshev, V. V. Continuous control of mechanical parameters of movable elements of turnout switches [Nepřeryvnyy control mekhanicheskikh parametrov podvizhnykh elementov strelochnykh perevodov]. *Avtomatika na transporte*, 2017, Iss. 1, pp. 69–87.
- Beliy, A. A. Probabilistic prediction of the technical state of the operated reinforced concrete bridge structures of the megalopolis [Veroyatnostnoe prognozirovaniye tekhnicheskogo sostoyaniya ekspluatiruemyykh zhelezobetonnykh mostovykh sooruzhenii megalopolisa]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*, 2017, Iss. 2, pp. 64–74.
- Efanov, D. V., Osadchiy, G. V., Sedykh, D. V. Continuous monitoring of railway contact suspension [Nepřeryvnyy monitoring zheleznodorozhnoi kontaktnoi podveski]. *Transport Rossiiskoi Federatsii*, 2017, Iss. 3, pp. 20–24.
- Efanov, D. V. Functional monitoring and monitoring of railway automation and telemechanics devices: Monograph [Funktionalniy control i monitoring ustroystv zheleznodorozhnoi avtomatiki i telemehaniki: Monografiya]. St. Petersburg, PSTU, 2016, 171 p.
- Ivanov, A. A., Legonkov, A. K., Molodtsov, V. P. Data transfer from the devices of the equipment of moving by APK-DK equipment in the absence of a physical line and round-the-clock duty [Peredacha dannykh s ustroystv oborudovaniya pereezda apparaturoi APK-DK pri otsutstviy fizicheskoi linii i kruglosutochnogo dezhurstva]. *Avtomatika na transporte*, 2016, Iss. 1, pp. 65–80.
- Votolevsky, A. L., Menshikov, N. A. Design of road monitoring centers for rail automation and telemechanics devices [Proektirovaniye dorozhnykh tsentrov monitoring ustroystv zheleznodorozhnoi avtomatiki i telemehaniki]. *Transport Rossiiskoi Federatsii*, 2013, Iss. 2, pp. 61–63.
- Chukhonin, V. M., Gorbunov, B. L., Basalaev, E. V. Normalization of the active power of alternating current motors while switching [Normirovaniye aktivnoi moshchnosti dvitagelei peremennogo toka pri perevode strelki]. In: Development of the element base and improvement of methods for constructing devices for railway automation and telemechanics: collection of scientific works. E. by Sapozhnikov, V. V. St. Petersburg, PSTU, 2014, pp. 23–25.
- Ivanov, A. A., Legonkov, A. K., Molodtsov, V. P. New devices for registering the parameters of devices of railway automation in the system of APK-DK (STDM) [Novie pribory registratsii parametrov ustroystv zheleznodorozhnoi avtomatiki v sisteme APK-DK (STDM)]. *Avtomatika na transporte*, 2015, Iss. 3, pp. 282–297.
- Efanov, D. V. Technical diagnostics and monitoring of automation devices in subways [Tekhnicheskoe diagnostirovaniye i monitoring ustroystv avtomatiki v metropoliienah]. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti*, 2014, Iss. 3, pp. 4–8.
- Rosenberg, E. N., Umansky, V. I., Dzyuba, Yu. V. Digital economy and digital railway [Tsifrovaya ekonomika i tsifrovaya zheleznaya doroga]. *Transport Rossiiskoi Federatsii*, 2017, Iss. 5, pp. 45–49. ●

Information about the author:

Efanov, Dmitry V. – D.Sc. (Eng), associate professor, head of the direction of monitoring and diagnostics systems of LLC LocoTech-Signal, Moscow, Russia, TrES-4b@yandex.ru.

Article received 28.01.2018, accepted 10.03.2018.