

---

---

# ОПТИЧЕСКИЕ И ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

---

---

УДК 681.78+656.25  
DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-4-364-371

## ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ

Д. В. ЕФАНОВ, Г. В. ОСАДЧИЙ, В. В. ХОРОШЕВ

*Российский университет транспорта (МИИТ), 127994, Москва, Россия  
E-mail: TrES-4b@yandex.ru*

Исследованы подходы к совершенствованию принципов управления движением на железнодорожном транспорте. Рассмотрены возможности применения оптических сенсоров в составе систем управления движением поездов взамен традиционных рельсовых цепей, функционирующих на основе электрического тока. Предложены способ крепления сенсоров к железнодорожным рельсам, а также принцип организации сети передачи данных от них в систему контроля. Приводится структурная схема системы регистрации параметров движущихся единиц на основе оптических сенсоров. Представлены результаты экспериментальных исследований сенсоров на сортировочной горке Шушары Октябрьской железной дороги. Показано, что оптические сенсоры можно применять не только для позиционирования подвижных единиц, но и для измерения ряда ответственных параметров подвижных единиц. Результаты работы открывают перспективы для перехода к принципиально новому способу управления движением поездов на основе оптических технологий.

***Ключевые слова:** системы обеспечения движения поездов, железнодорожная автоматика и телемеханика, оптический сенсор, регистрация параметров, электрическая централизация, квантовая централизация*

**Введение.** Развитие средств обеспечения безопасности движения поездов идет по пути совершенствования элементной базы: релейные системы железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) постепенно сменяются микроэлектронными и микропроцессорными, обладающими расширенным функционалом и высокой надежностью [1—3].

Наиболее уязвимыми с позиции надежности являются элементы напольного технологического оборудования, отказы которых возникают под действием внешних дестабилизирующих факторов (скачков температур, влажности, вибраций и пр.). На долю напольного технологического оборудования приходится до 80 % отказов средств автоматики и, прежде всего, датчиков контроля положения подвижных единиц [4—6]. Возможны два пути повышения надежности напольного технологического оборудования.

Первый состоит в том, чтобы вместо периодического контроля технического состояния напольных объектов автоматики силами электромехаников сигнализации, централизации и блокировки применять периодический контроль и непрерывный мониторинг — автоматическими средствами [6]. Системы непрерывного мониторинга позволяют фиксировать необратимые ухудшения технического состояния средств автоматики и предотвращать отказы на стадии предотказных (или катастрофических) состояний [7, 8]. Это требует существенных

капитальных вложений как в разработку и строительство, так и в эксплуатацию (создание специализированных бригад обслуживания средств мониторинга, обработки диагностических данных, привлечение технического персонала ситуационных центров и пр.).

Второй подход связан с модернизацией самих объектов напольной автоматики. Замена релейной системы управления на микропроцессорную не обеспечивает надежность напольного технологического оборудования. Благодаря научно-техническому прогрессу стал возможен новый виток развития и средств ЖАТ — переход от традиционных принципов получения и обработки данных на основе электрического тока к оптическим технологиям [9].

Первые работы в области применения оптических сенсоров на российских железных дорогах датируются началом XXI в. [10—14]. Исследования новых принципов получения и обработки данных для железнодорожного транспорта подтверждают возможность использования оптических сенсоров для управления движением. Опишем здесь первые шаги к применению оптических технологий в сфере ЖАТ — результаты экспериментальных исследований работы оптических сенсоров для получения данных о подвижных единицах.

**Оптические сенсоры и традиционные средства контроля.** На железных дорогах Российской Федерации в качестве систем управления движением поездов на перегонах используются электрожелезная, полуавтоматическая и автоматическая блокировка, а на станциях в основном электрическая централизация [15]. В России свыше 5000 железнодорожных станций, движение по которым регулируется релейными системами управления движением поездов.

В настоящее время релейные системы заменяются микропроцессорными, однако темпы переоборудования крайне низки [15]. Взамен релейной логики внедряются микропроцессорные блоки, реализующие технологические алгоритмы. Команды на управление напольным технологическим оборудованием передаются от управляющего вычислительного комплекса посредством интерфейсных реле или объектных контроллеров. Датчики местоположения подвижных единиц, используемые в микропроцессорных системах управления, те же, что и в релейных системах. В настоящее время датчиками служат разнообразные рельсовые цепи (современные решения подразумевают при новом строительстве применение рельсовых цепей тональной частоты), к основным недостаткам которых относятся: большой расход медно-жильного кабеля (он протягивается вдоль всего перегона), а также необходимость функционирования в большом количестве режимов. Дефекты кабельной сети в такой системе управления движением поездов служат причиной большого числа отказов. Более того, при скорости передвижения свыше 200 км/ч некоторые схемы начинают работать некорректно. Это требует совершенствования технических решений на некоторых участках железной дороги [16, 17]. Эти мероприятия носят частный характер и не позволяют решить глобальную проблему. Таким образом, внедрение систем микропроцессорных централизаций без замены напольного технологического оборудования не дает качественного скачка в эксплуатации железных дорог. Эффективным техническим решением является применение волоконно-оптических сенсоров на основе брэгговской решетки. Подобный физический эффект уже широко используется в системах непрерывного мониторинга протяженных линейных объектов [18].

Само оптическое волокно, в отличие от медно-жильного кабеля, не подвержено влиянию электромагнитных помех, что позволяет укладывать его вместе с силовыми и питающими кабелями. Волоконно-оптический кабель не подвержен влиянию обратного тягового тока, химической и электрической коррозии, исключаются такие частые предотказные и отказные ситуации, как замыкание жил и чрезмерное затухание сигнала. Все это способствует использованию волоконно-оптической связи в составе систем управления движением поездов.

Наименее надежным элементом любой системы управления движением поездов является датчик местоположения подвижных единиц — рельсовая цепь. На магистральных железных дорогах в Российской Федерации используются нормально замкнутые рельсовые цепи, по которым постоянно протекает ток, что сказывается на энергопотреблении системы. Кроме

того, происходят потери энергии в самой кабельной сети, что требует мощных источников питания. Интервальное регулирование движения поездов с использованием волоконно-оптических сенсоров способствует резкому снижению энергопотребления, благодаря циклическому опросу сенсоров и слабому затуханию световой волны в световоде (это позволяет отказаться от использования специальных усилителей для наиболее удаленных объектов контроля).

Волоконно-оптические сенсоры устанавливаются непосредственно под подошвой рельса в шпальном ящике в специально выбранных зонах контроля (в эксперименте использовались деформационные сенсоры точечного измерения Picosensors). Информация от сенсоров (1) передается по волоконно-оптическому кабелю (2), проложенному в специальной траншее вдоль железнодорожного полотна (3) (рис. 1). Для съема информации с оптических сенсоров используются рефлектометры (Anritsu AR4041A, который оцифровывает сигнал и передает его на компьютер, расположенный на линейном посту) [19]. В программном обеспечении микропроцессорного комплекса, расположенного на линейном посту, эмулируется модель системы интервального регулирования движения поездов, входными данными которой служат сигналы с сенсоров (они служат аналогами путевых реле в релейных системах). Число подключенных сенсоров ограничивается лишь мощностью компьютера. Компьютеры различных участков объединяются в сеть, на базе которой можно организовать систему удаленного мониторинга.

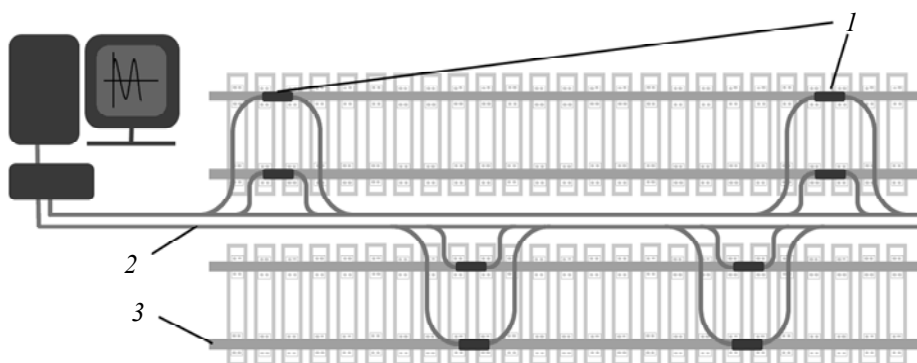


Рис. 1

Функциональные возможности волоконно-оптической цепи не меньше, чем у рельсовой, обеспечивающей контроль местоположения подвижных единиц, целостности рельсовых нитей, а также передачу данных на локомотив. Более того, появляется возможность организации контроля дефектных буксовых узлов на вагонах, дефектных осей тележек, учета фактической нагрузки на железнодорожное полотно, учета количества и массы проходящих поездов и т.п. [20]. Таким образом, использование волоконно-оптических датчиков — перспективная технология для построения системы управления движением поездов, применимая как при низких, так и при высоких скоростях сообщения.

**Объект исследований и средство измерений.** Авторами статьи совместно со специалистами института „Гипротрансигналсвязь“ и Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp. Group с целью исследования возможностей применения оптических сенсоров в качестве устройств регистрации параметров движения (направления качения оси, числа последовавших над датчиком осей, скорости качения, нагрузки на ось, частоты вибрации оси) было решено провести ряд экспериментальных исследований. На сортировочной горке Шушары с привлечением сотрудников Санкт-Петербург-Витебской дистанции пути (ПЧ-19) на участке перед стрелочным переводом №56 под подошву рельсов (1) были установлены оптические сенсоры (2) (рис. 2, 3) и проведены измерения при движении отцепов различной длины. Сенсоры были смонтированы в рельсошпальном ящике под подошвой рельса. Кроме того, для коррекции сигнала установлен датчик температуры.

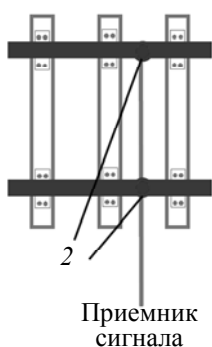


Рис. 2



Рис. 3

Принцип действия оптического сенсора основан на изменении длины волны светового потока, отраженного от дифракционной решетки в волоконно-оптическом сенсоре (рис. 4). Изменение длины волны светового потока происходит при механической деформации сенсора или изменении его температуры. Погрешность измерения деформации составляет  $\pm 0,001$  мм, температуры  $\pm 0,1$  °С. Частота измерения находится в пределах 100—1500 Гц.

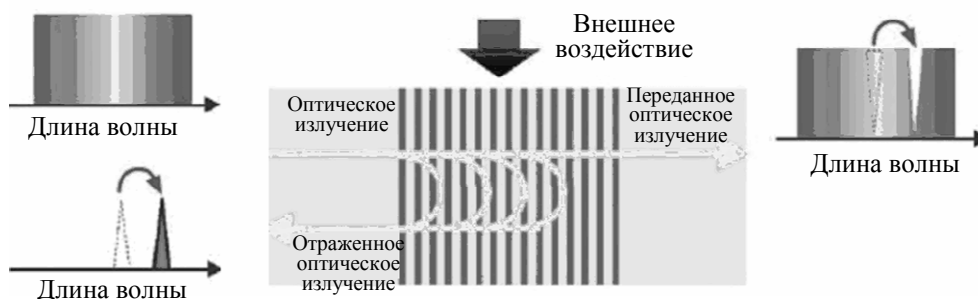


Рис. 4

Следует отметить, что сенсоры (1) системы подключаются в волоконно-оптическую линию (2), линия подключается к рефрактометру (3), который оцифровывает сигнал (рис. 5). В одну линию можно включить до 40 независимых приборов, максимальная дальность самой волоконно-оптической линии составляет 40 км.

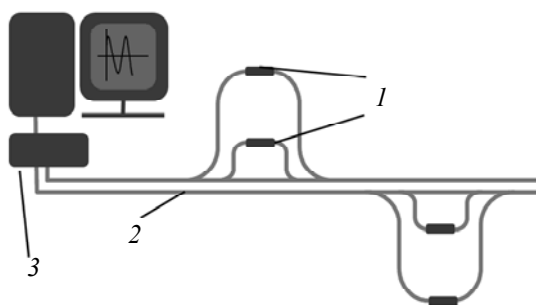


Рис. 5

**Результаты экспериментальных исследований.** Испытания проводились в несколько этапов: 1) настройка программного обеспечения для регистрации сигналов и показаний оптического сенсора; 2) регистрация показаний сенсоров (прогиба) при прохождении подвижного состава; 3) обработка и анализ полученных данных.

В ходе экспериментов при движении подвижных единиц разной длины с различной скоростью определялись:

- 1) время входа состава в зону действия сенсора — данный показатель фиксируется в момент максимального прогиба рельса под весом первой оси;
- 2) время выхода из зоны действия сенсора — данный показатель фиксируется в момент максимального прогиба рельса под весом последней оси;

3) число последовавших над датчиком осей — рассчитывается по числу максимальных прогибов  $h$  рельса под весом вагона — верхние пики на графике (рис. 6);

4) скорость входа состава в зону контроля вычисляется как  $V_1=L_1/t_1$ , где  $L_1$  — расстояние между первой и второй осями (вводится оператором);  $t_1$  — время качения между осями (измеряется системой);

5) скорость выхода состава из зоны контроля вычисляется как  $V_2=L_2/t_2$ , где  $L_2$  — расстояние между предпоследней и последней осями (вводится оператором);  $t_2$  — время качения между осями (измеряется системой);

6) величина прогиба рельса (рис. 6) — фиксируется системой в режиме реального времени при прохождении осей над сенсором (прогиб пропорционален весу вагона, распределенному на ось). Измерение производилось для стандартной базы вагонной тележки, величина прогиба измерялась в микрострейнах (мкм/м).

На рис. 6 показан для примера момент прохода четырехосного вагона. Скорость входа составила 8,516, а выхода — 8,452 км/ч. Испытания проведены 10 декабря 2016 года.

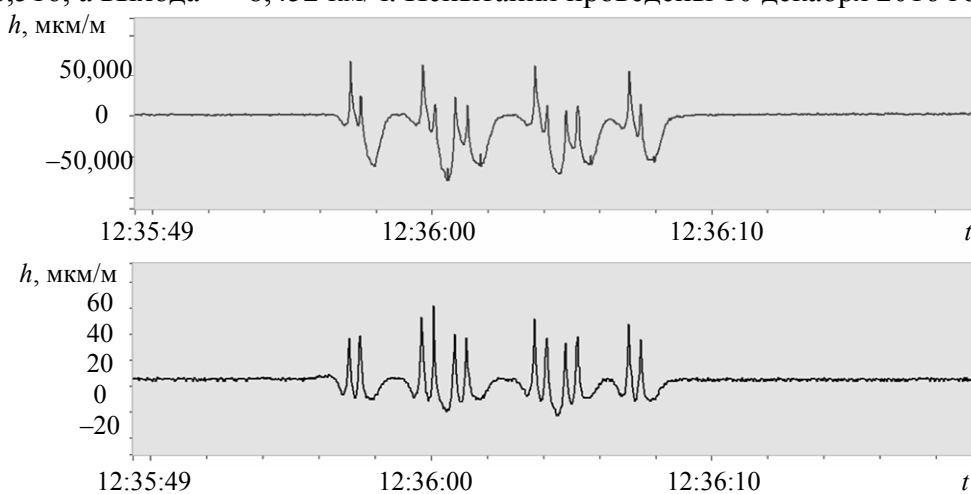


Рис. 6

Экспериментально исследовались возможности фиксации сенсором составов с различными характеристиками: при самостоятельном движении вагонов под действием собственного веса, в режиме роспуска, движение локомотива с вагонами. Испытания показали, что по числу пиков можно однозначно зафиксировать количество проходящих осей, а параметры скорости движения фиксируются абсолютно корректно.

Сравнение результатов испытаний оптических сенсоров с данными традиционно применяемых счетчиков осей, весомеров, горочной системы автоматики, установленных на сортировочной горке станции Шушары, показало соответствие экспериментальных значений фактическим.

**Заключение.** Показана возможность применения оптических сенсоров в составе систем управления движением на железнодорожном транспорте. Полученные результаты подтверждают целесообразность использования оптических датчиков в системе контроля параметров движущихся тяговых и нетяговых единиц. Это принципиально новый подход к управлению на железнодорожном транспорте: более ста лет для управления движением используются рельсовые цепи (изобретены Вильямом Робинзоном в 1867 г. [21]). Использование оптических датчиков позволяет открыть пути к созданию так называемых *систем квантовой централизации и интервального регулирования движением поездов*.

Следует отметить принципиальное отличие оптических сенсоров от традиционных рельсовых цепей — возможно не только фиксировать подвижные единицы на участке контроля, но и реальную весовую нагрузку на элементы верхнего строения пути (появляются

функции системы мониторинга). Этот параметр позволяет организовывать техническое обслуживание не по отработке по времени, а по фактической наработке на отказ.

Недостатком применения оптических технологий в представленном варианте является отсутствие возможности контроля целостности рельсовой нити, однако при совершенствовании подхода и прокладке оптоволоконно возможно выполнять непрерывный мониторинг геометрических параметров железнодорожного пути, что крайне важно [22]. Для организации надежной и безопасной системы управления движением необходимо решить задачи:

- 1) расчета массы вагона;
- 2) выявления типа прошедшего над сенсором вагона;
- 3) расчета погрешности измерения веса вагона, учета влияния прогиба рельса соседней оси, вызванного прохождением вагона;
- 4) анализа дефектов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гавзов Д. В., Сапожников В. В., Сапожников Вл. В. Методы обеспечения безопасности дискретных систем // Автоматика и телемеханика. 1994. № 8. С. 3—50.
2. Попов П. А., Королев И. Н., Мьльников П. Д. Основные принципы контроля корректности бортовой системы позиционирования средствами железнодорожной автоматики // Автоматика на транспорте. 2015. Т. 1, № 4. С. 355—366.
3. Шаманов В. И. Управление процессом модернизации комплексов систем железнодорожной автоматики и телемеханики // Автоматика на транспорте. 2015. Т. 1, № 3. С. 237—250.
4. Кравцов Ю. А. Электромагнитная совместимость рельсовых цепей и электроподвижного состава с асинхронным тяговым приводом // Автоматика на транспорте. 2015. Т. 1, № 1. С. 7—27.
5. Антонов А. А., Бакин М. Е. Расчет влияния гармоник тягового тока на рельсовую цепь // Мир транспорта. 2016. Т. 14, № 2. С. 30—36.
6. Ефанов Д. В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. СПб: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. 171 с.
7. Сапожников Вл. В., Лыков А. А., Ефанов Д. В. Понятие предотказного состояния // Автоматика, связь, информатика. 2011. № 12. С. 6—8.
8. Ефанов Д. В., Богданов Н. А. О достоверности фиксации предотказных состояний в системах непрерывного контроля устройств железнодорожной автоматики и телемеханики // Транспорт: наука, техника, управление. 2012. № 2. С. 27—30.
9. Гармаш В. Б., Егоров Ф. А., Коломиец Л. Н., Неугодинов А. П., Поспелов В. И. Возможности, задачи и перспективы волоконно-оптических измерительных систем в современном приборостроении // Фотон-Экспресс. 2005. № 6. С. 128—140.
10. Долгий И. Д., Прокопенко С. А. Системы координатного регулирования движения поездов на основе оптических технологий // Автоматика, связь, информатика. 2004. № 7. С. 20—21.
11. Прокопенко С. А., Куделин С. А. Распределенный контролируемый пункт ДЦ-ЮГ // Автоматика, связь, информатика. 2005. № 10. С. 18—19.
12. Tam H. Y., Lee T., Ho S. L., Haber T., Graver T., Méndez A. Utilization of Fiber Optic Bragg Grating Sensing Systems for Health Monitoring in Railway Applications. Photonics Research Centre, The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Kowloon, Hong Kong SAR, January 2007, 9 p.
13. Huston D. Structural Sensing, Health Monitoring, and Performance Evaluation. Taylor & Francis Group, 2011. 662 p.
14. Петров М. Н., Орленко А. И., Спивак Ю. И. Применение волоконно-оптических датчиков при контроле работоспособности подвижного состава на железной дороге // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2012. № 1. С. 52—58.

15. Сапожников В. В., Сапожников Вл. В., Ефанов Д. В. Применение кодов с суммированием при синтезе систем железнодорожной автоматики и телемеханики на программируемых логических интегральных схемах // Автоматика на транспорте. 2015. Т. 1, № 1. С. 84—107.
16. Efanov D., Lykov A., Osadchy G. Testing of Relay-Contact Circuits of Railway Signalling and Interlocking // Proc. of 15<sup>th</sup> IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2017). Novi Sad, Serbia, 29 September—2 October 2017. P. 242—248. DOI: 10.1109/EWDTS.2017.8110095.
17. Ефанов Д. В., Лыков А. А., Глух Е. А. Модернизация схемных решений переездной автоматики при организации высокоскоростного сообщения // Транспорт Урала. 2017. № 1. С. 45—51. DOI: 10.20291/1815-9400-2017-1-45-51.
18. Tam H. Y., Lee T., Ho S. L., Haber T., Graver T., Méndez A. Utilization of fiber optic Bragg grating sensing systems for health monitoring in railway application // 6th Intern. Workshop on Structural Health Monitoring. 11—13 September 2007. P. 1824—1831.
19. Koshihara M., Nakamura K., Yamasaki N., Saitoh T., Furukawa H. Development of High-performance FBG Sensor Monitor AR4041A/AR4011A. Anritsu Technical Review No. 20. March 2013. P. 67—76.
20. den Vuurman G. A vital instrument in asset management // European railway review. 2005. N 3. P. 80—86.
21. Сотников Е. А. Железные дороги мира из XIX в XXI век. М.: Транспорт, 1993. 200 с.
22. Ефанов Д. В. Интеграция систем непрерывного мониторинга и управления движением на железнодорожном транспорте // Транспорт Российской Федерации. 2017. № 4. С. 62—65.

#### Сведения об авторах

- Дмитрий Викторович Ефанов** — д-р техн. наук, доцент; Российский университет транспорта (МИИТ), кафедра автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте; E-mail: TrES-4b@yandex.ru
- Герман Владимирович Осадчий** — ассистент; Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I; кафедра автоматики и телемеханики на железных дорогах; E-mail: osgerman@mail.ru
- Валерий Вячеславович Хорошев** — аспирант; Российский университет транспорта (МИИТ), кафедра автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте; E-mail: hvv91@icloud.com

Поступила в редакцию  
01.02.18 г.

**Ссылка для цитирования:** Ефанов Д. В., Осадчий Г. В., Хорошев В. В. Применение оптических датчиков в системах управления движением поездов // Изв. вузов. Приборостроение. 2019. Т. 62, № 4. С. 364—371.

## APPLICATION OF OPTICAL SENSORS IN CONTROL SYSTEMS OF TRAIN TRAFFIC

D. V. Efanov, G. V. Osadchy, V. V. Khoroshev

Russian University of Transport, 127994, Moscow, Russia  
E-mail: TrES-4b@yandex.ru

The problem of improvement of principles of management and control in railway transport is discussed. The possibility of using optical sensors in railways traffic control systems instead of traditional electric current track circuits is considered. The way of installation and fastening of sensors to railway rails is described, as well as the principle of integration into the control system. A block diagram of the system for recording the parameters of moving units based on optical sensors is given. Results of experimental studies of sensors on Shushary railroad hump yard of October Railway are demonstrated. It is shown that optical sensors can be used not only for positioning of mobile units, but also for measurement of several critical parameters of the units. The results presented in the paper are regarded as a first step towards the transition to a fundamentally new method for controlling the movement of trains based on optical technologies.

**Keywords:** train traffic management systems, railway automation and remote control, optical sensor, registration of parameters, electrical centralization, quantum centralization

## REFERENCES

1. Gavzov D.V., Sapozhnikov V.V., Sapozhnikov V.I. *Automation and Remote Control*, 1994, no. 8, pp. 3–50. (in Russ.)
2. Popov P.A., Korolev I.N., Myl'nikov P.D. *Automation on transport*, 2015, no. 4(1), pp. 355–366. (in Russ.)
3. Shamanov V.I. *Automation on transport*, 2015, no. 3(1), pp. 237–250. (in Russ.)
4. Kravtsov Yu.A. *Automation on transport*, 2015, no. 1(1), pp. 7–27. (in Russ.)
5. Antonov A.A., Bakin M.E. *Mir Transporta* (World of Transport and Transportation), 2016, no. 2(14), pp. 30–36.
6. Efanov D.V. *Funktsional'nyy kontrol' i monitoring ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki* (Functional Control and Monitoring of Devices of Railway Automatic Equipment and Telemechanics), St. Petersburg, 2016, 171 p. (in Russ.)
7. Sapozhnikov V.I., Lykov A.A., Efanov D.V. *Automation, communication and informatics*, 2011, no. 12, pp. 6–8.
8. Efanov D.V., Bogdanov N.A. *Transport: nauka, tekhnika, upravleniye*, 2012, no. 2, pp. 27–30. (in Russ.)
9. Garmash V.V., Egorov F.A., Kolomic L.N., Neugodnikov A.P., Pospelov V.I. *Spetsvypusk "Foton-Ekspress" – Nauka*, 2005, no. 6, pp. 128–140. (in Russ.)
10. Dolgiy I.D., Prokopenko S.A. *Automation, communication and Informatics*, 2004, no. 7, pp. 20–21. (in Russ.)
11. Prokopenko S.A., Kudelin S.A. *Automation, communication and informatics*, 2005, no. 10, pp. 18–19. (in Russ.)
12. Tam H.Y., Lee T., Ho S.L., Haber T., Graver T., Méndez A. *Utilization of Fiber Optic Bragg Grating Sensing Systems for Health Monitoring in Railway Applications*, Photonics Research Centre, The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Kowloon, Hong Kong SAR, January 2007, 9 p.
13. Huston D. *Structural Sensing, Health Monitoring, and Performance Evaluation*, Taylor & Francis Group, 2011, 662 p.
14. Petrov M.N., Orlenko A.I., Spivak Yu.I. *Safety and Emergency Problems*, 2012, no. 1, pp. 52–58. (in Russ.)
15. Sapozhnikov V.V., Sapozhnikov V.I., Efanov D.V. *Automation on transport*, 2015, no. 1(1), pp. 84–107. (in Russ.)
16. Efanov D., Lykov A., Osadchy G. *Proceedings of 15th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2017)*, Novi Sad, Serbia, September 29–October 2, 2017, pp. 242–248. DOI: 10.1109/EWDTS.2017.8110095.
17. Efanov D.V., Lykov A.A., Glukh E.A. *Transport Urala*, 2017, no. 1, pp. 45–51. DOI: 10.20291/1815-9400-2017-1-45-51. (in Russ.)
18. Tam H.Y., Lee T., Ho S.L., Haber T., Graver T., Méndez A. *6th International Workshop on Structural Health Monitoring*, 11–13 September, 2007, pp. 1824–1831.
19. Koshihara M., Nakamura K., Yamasaki N., Saitoh T., Furukawa H. *Development of High-performance FBG Sensor Monitor AR4041A/AR4011A*, Anritsu Technical Review No. 20, March 2013, pp. 67–76.
20. den Buurman G. *European railway review*, 2005, no. 3, pp. 80–86.
21. Sotnikov Ye.A. *Zheleznyye dorogi mira iz XIX v XXI vek* (Railways of the World from XIX to XXI Century), Moscow, 1993, 200 p. (in Russ.)
22. Efanov D.V. *Transport Rossiyskoy Federatsii*, 2017, no. 4, pp. 62–65. (in Russ.)

## Data on authors

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Dmitry V. Efanov</b>    | — Dr. Sci., Associate Professor; Russian University of Transport, Department of Automation, Remote Control, and Communication in Railway Transport; E-mail: TrES-4b@yandex.ru |
| <b>German V. Osadchy</b>   | — Assistant; Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Department of Automation and Remote Control in Railway Transport; E-mail: osgerman@mail.ru        |
| <b>Valery V. Khoroshev</b> | — Post-Graduate Student; Russian University of Transport, Department of Automation, Remote Control, and Communication in Railway Transport; E-mail: hvv91@icloud.com          |

**For citation:** Efanov D. V., Osadchy G. V., Khoroshev V. V. Application of optical sensors in control systems of train traffic. *Journal of Instrument Engineering*. 2019. Vol. 62, N 4. P. 364–371 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-4-364-371