



DOI 10.22363/2312-8143-2019-20-3-236-243

УДК 629.052

Научная статья

## Применение интеллектуальных систем на транспорте

И.М. Попова, С.В. Тимофеев

Филиал Самарского государственного университета путей сообщения в г. Саратове,  
Российская Федерация, 410004, Саратов, ул. Астраханская, 1А

И.К. Данилов

Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

### История статьи:

Поступила в редакцию: 05 сентября 2019

Доработана: 07 октября 2019

Принята к публикации: 25 октября 2019

### Ключевые слова:

железнодорожный транспорт, интеллектуальная транспортная система, эффективность работы, техническое состояние локомотивного оборудования, автоматизированная система контроля параметров работы, межремонтный пробег

В статье рассматривается применение интеллектуальных транспортных систем на транспорте. Целями разработки интеллектуальных транспортных систем на железнодорожном транспорте являются неукоснительное выполнение требований по обеспечению безопасности перевозок, сокращение уровня влияния на окружающую среду, существенное повышение эффективности производственной деятельности. На основе полученных данных программное обеспечение производит автоматический учет, контроль и анализ расхода топливно-энергетических ресурсов. При этом на экране монитора наглядно в режиме реального времени отражается динамика изменения показателей топливоиспользования, фактические и расчетные затраты дизтоплива. В случае необходимости система поможет выявить причины несостыковки этих параметров и оперативно связаться с локомотивной бригадой для оказания квалифицированной помощи по их устранению. Важно, что конструкция аппаратной части и структура программного обеспечения предусматривает расширение ее функциональных возможностей, в том числе за счет организации непрерывного видеонаблюдения за действиями локомотивных и ремонтных бригад, увеличения количества измеряемых параметров, создания замкнутой системы контроля расхода топлива в локомотивном хозяйстве. Применение данных систем позволяет получить интегральную оценку теплотехнического состояния локомотива с дальнейшей научно-обоснованной коррекцией межремонтных пробегов, проконтролировать его местонахождение и решить множество других задач, что способствует увеличению межремонтных пробегов и сроков эксплуатационной работы локомотива.

## Введение

В настоящее время железнодорожный транспорт является сложной организационно-технической системой, управление которой при помощи

традиционных подходов практически невозможно. Сложность транспортной инфраструктуры и ее объектов (железнодорожных узлов, станций, транспортных коридоров и т. д.) не позволяет осуществлять работу в полностью автоматическом режиме [1–3]. Эффективное управление данной системой с привлечением только классических методов решения задач математического моделирования невозможно, поэтому возникает вопрос о применении интеллектуальных систем, которые наряду с точными математическими моделями используют данные и знания, накопленные в процессе их деятельности.

*Попова Ирина Михайловна*, заместитель директора по высшему образованию, заведующая кафедрой инженерных, гуманитарных, естественно-научных и общепрофессиональных дисциплин филиала СамГУПС в г. Саратове, кандидат экономических наук, доцент; [imporova@mail.ru](mailto:imporova@mail.ru); eLIBRARY SPIN-код: 1537-0026.

*Тимофеев Сергей Валерьевич*, старший преподаватель кафедры инженерных, гуманитарных, естественно-научных и общепрофессиональных дисциплин филиала СамГУПС в г. Саратове; eLIBRARY SPIN-код: 3770-2933.

*Данилов Игорь Кеворкович*, директор департамента машиностроения и приборостроения Инженерной академии РУДН; доктор технических наук, профессор; eLIBRARY SPIN-код: 1633-2700.

© Попова И.М., Тимофеев С.В., Данилов И.К., 2019

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

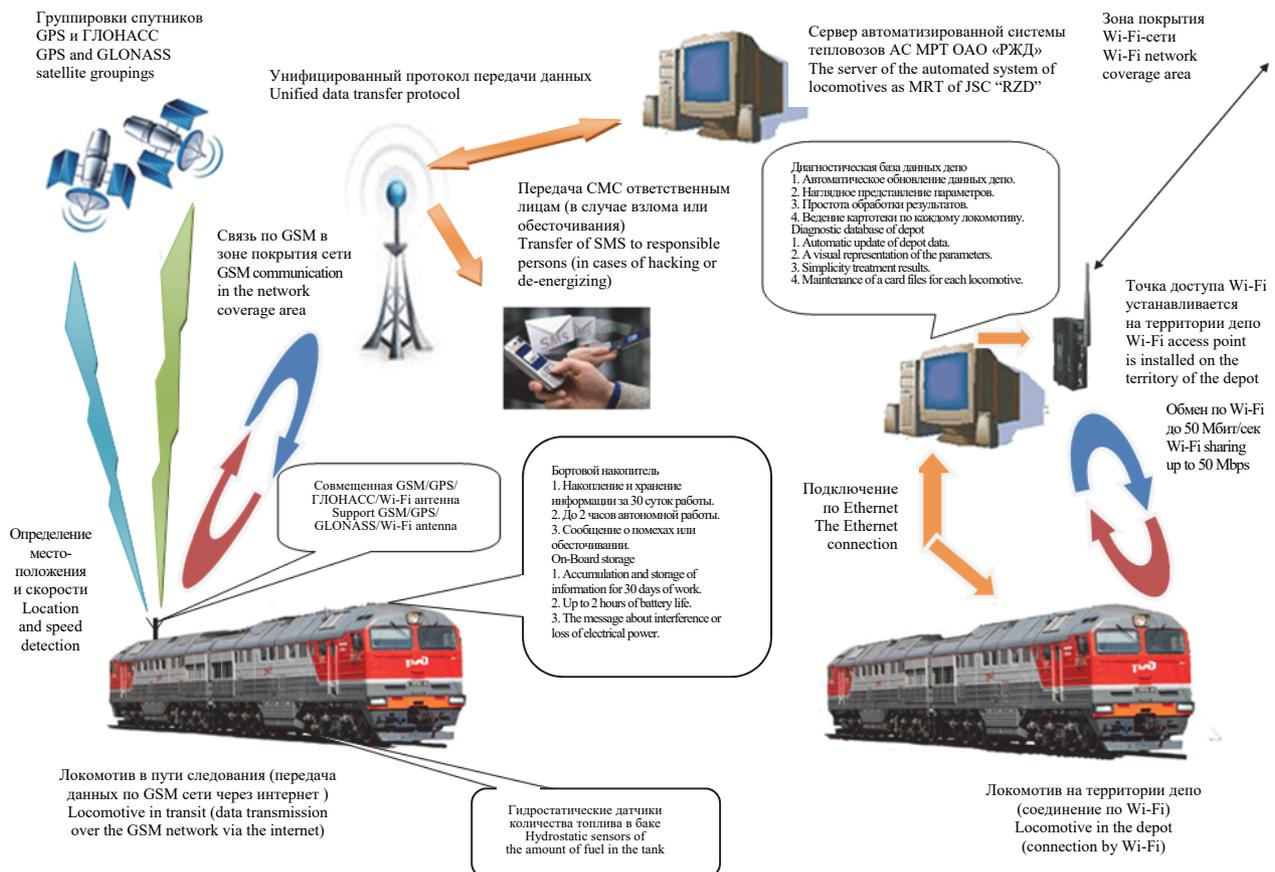
## 1. Постановка задачи

В процессе производства новых локомотивов и модернизации старых на них устанавливаются бортовые (встроенные) системы управления и диагностики, которые, помимо решения задач оперативного диагностирования всех систем тепловоза, способны контролировать и накапливать целый ряд параметров оборудования. Детальный анализ зарегистрированных данных помогает определить текущее техническое состояние локомотивного оборудования и вплотную подойти к обоснованной корректировке сроков планово-предупредительных ремонтов локомотивов на основе учета текущего технического состояния. К тому же при наличии удаленного беспроводного контроля параметров локомотива возможно выявление неисправностей еще в процессе его эксплуатации прямо во время поездки, что позволяет обеспечить оперативный ремонт и эффективное использование всего рабочего времени специалистов в депо по прибытии локомотива.

## 2. Материалы и методы

В ОАО «ВНИКТИ» разработана и в настоящее время внедряется на новых тепловозах автоматизированная система контроля параметров работы дизельного подвижного состава и учета дизельного топлива (АСК).

Данная система предназначена для измерения и регистрации в автоматическом режиме на борту локомотива основных параметров, характеризующих режим и экономичность работы силовой установки, передачи этих данных по беспроводному каналу связи на сервер автоматизированной системы мониторинга работы тепловозов (АС МРТ) [4]. Кроме того, система АСК осуществляет сбор, регистрацию и передачу всей оперативной диагностической информации, получаемой от бортовых систем управления и диагностики локомотива, по беспроводному каналу связи в соответствующую базу данных автоматизированного рабочего места (АРМ), устанавливаемую в депо эксплуатации и ремонта (рис. 1).



**Рис. 1.** Принцип работы системы АСК  
[Figure 1. Principle of operation of ASC system]

В системе АСК реализованы два независимых беспроводных канала передачи информации стандартов GSM (GPRS) и IEEE 802.11 b/g (Wi-Fi). Передача параметров может осуществляться как в пути следования локомотива с использованием мобильного GPRS-Интернет соединения, так и по прибытии в депо с использованием технологии Wi-Fi или же проводного соединения Internet. В целях сокращения объема передаваемых через сеть GSM данных предусмотрена возможность передачи на стационарный АРМ не всех параметров, а только выбранных за определенный промежуток времени и при определенных условиях путем SQL-запроса [4]. Так, оператор АРМ диагностики может запросить интересующие его данные о мощности тягового генератора и количестве топлива в баке на 15-й позиции контроллера при температуре воды выше 70 °С и масла выше 60 °С за заданный отрезок времени, то есть любой интересующий параметр тепловоза и его энергетической установки в режиме реального времени (онлайн). Это позволяет значительно снизить расходы на оплату GPRS-Internet-трафика, уменьшить время ожидания на обмен данными с локомотивом и необходимые объемы памяти для хранения информации, сократить время ее обработки. При нахождении тепловоза в пути следования система АСК непрерывно фиксирует все диагностические параметры бортовой системы, а также измеряет количество (массу) топлива в баке, скорость движения, географическую координату. АСК осуществляет накопление ресурсных показателей работы основного оборудования тепловоза (выполненная работа дизель-генератором,

время работы основного оборудования локомотива, число циклов включения/отключения компрессора, вентиляторов, время работы оборудования на предельных режимах по току и температуре, расход топлива, наработка коммутационной аппаратуры, срабатывание аппаратов защиты).

### 3. Расчет расхода топлива

Информация, передаваемая на сервер АС МРТ, предназначена для службы эксплуатации и может использоваться для контроля потребления топлива тепловозами [4]. При этом расчетный расход затраченного дизельного топлива на каждом из участков пути необходимо определить на основании предварительно выстроенных диаграмм скорости  $v = f(s)$  и времени  $t = f(s)$  и имеющихся для каждого тепловоза данных о расходе топлива при определенном режиме работы дизеля, то есть

$$G = f(v, \Pi_k), \tag{1}$$

где  $\Pi_k$  – позиция управления контроллера.

Общий расход дизельного топлива за одну поездку определяем по формуле [5]:

$$E = \sum_{i=1}^n G_i \cdot \Delta t_i + g_x \cdot \Delta t_x, \tag{2}$$

где  $G_i \cdot \Delta t_i$  – расход в тяговом режиме за промежуток времени  $\Delta t_i$ ;  $g_x \cdot \Delta t_x$  – расход на холостом ходе тепловоза.

Расчеты приведены в таблице.

Таблица

**Технико-эксплуатационные показатели**  
[Table. Technical and operational indicators]

Номер элемента пути [The number of the road element]	$V_{start}$ км/ч [km/h]	$V_{final}$ км/ч [km/h]	$V_{average}$ км/ч [km/h]	$G_i$ кг/мин [kg/min]	$t_i$ мин [min]	$G_i \cdot t_i$ кг [kg]
1	2	3	4	5	6	7
1	60	65	62,5	20,4	0,5	10,2
2	70	71	70,5	20,4	0,3	6,12
3	55	51	53	20,4	0,3	6,12
4	45	36,5	41,25	20,4	1,5	30,6
5	45	50	47,5	20,4	0,6	12,24
6	26,6	26,6	26,6	20,4	4,1	83,64
7	50	53	51,5	20,4	0,4	8,16
8	70	73	71,5	20,4	0,3	6,2
9	73	75	74	20,4	0,5	10,2
10	74	65	69,5	20,4	0,8	16,32
11	65	67,5	66,25	20,4	1,6	32,64
12	67,5	60	63,75	20,4	2,3	46,92
ИТОГО [TOTAL]					31,1	631,32

Для каждого временного промежутка определяется средняя скорость движения поезда:

$$V_{cp} = \frac{V_{ni} + V_{ki}}{2}. \quad (3)$$

По рассчитанной средней скорости из характеристики локомотива определяется расход дизельного топлива за одну минуту  $G_i$  на наивысшей позиции контроллера управления [5]. Расход топлива на холостом ходу составил  $g \cdot 0,54$  кг/мин. Расход дизельного топлива на тягу поезда:

$$G_i \cdot t_i = 631,32 \text{ кг},$$

$$g_x \cdot t_x = 0,54 \cdot 8,5 = 4,59 \text{ кг},$$

$$E = 631,32 + 4,59 = 635,91 \text{ кг}.$$

Для того чтобы сравнить расход топлива разными локомотивами необходимо использовать удельный расход топлива на измеритель выполненной работы  $10^4$  т-км брутто:

$$e = \frac{E}{m_c \cdot L} \cdot 10^4 \text{ [кг/10}^4 \text{ т-км брутто]},$$

где  $e$  – удельный расход топлива, кг/10<sup>4</sup> т-км брутто;  $E$  – расход топлива на тягу поезда, кг;  $L$  – длина заданного участка, км.

$$e = \frac{635,91}{5734 \cdot 32,75} \cdot 10^4 = 33,86 \text{ [кг/10}^4 \text{ т-км брутто]}.$$

Для сравнения расхода разных марок и сортов дизельного топлива, имеющих разную температуру сгорания, используют так называемое условное топливо:

$$e_y = e \cdot \mathcal{E}, \quad (4)$$

где  $e_y$  – удельный расход условного топлива, кг/10<sup>4</sup> т-км брутто;  $\mathcal{E} = 1,43$  – тепловой эквивалент дизельного топлива.

$$e_y = 33,86 \cdot 1,43 = 48,42 \text{ [кг/10}^4 \text{ т-км брутто]}.$$

Разработанные алгоритмы работы системы обработки данных и регистрации позволяют расшифровывать и анализировать исходные файлы регистрации (ФР) с выводом результатов в виде графиков и таблиц по всем ФР и с разбивкой по сменам работы машинистов. Так, расчетный рас-

ход топлива  $B_p$  за смену определяется как сумма расходов на режимах холостого хода –  $B_{p\_xx}$  и нагрузки –  $B_{p\_н}$  дизеля:

$$B_p = B_{p\_xx} + B_{p\_н}. \quad (5)$$

Расчетный расход топлива на холостом ходу за смену –  $B_{p\_xx}$  (кг) определяется как

$$B_{p\_xx} = \sum_p B_{cp} \cdot \frac{\Delta t_{xxp}}{3600}, \quad (6)$$

где  $B_{cp}$  – часовой расход топлива на холостом ходу по нормативной характеристике дизеля для позиции контроллера –  $p$ , кг/ч;  $\Delta t_{xxp}$  – зарегистрированное время работы дизеля на холостом ходу при позиции контроллера –  $p$ , ч.

Расчетный расход топлива на режимах номинальной нагрузки  $B_{p\_н}$ , кг определяется на основе уравнения баланса энергии на коленчатом валу дизеля, выработанной при расходе топлива за время работы в данном режиме –  $\Delta t_{н}$ , с [6]:

$$B_{p\_н} = \frac{\sum_i^n P_{всп}(w_i) \cdot \Delta t_i + \frac{1}{\eta_r} \cdot \sum_i^n I_{ri} \cdot U_{ri} \cdot \Delta t_i}{Q \cdot f(P_E)}, \quad (7)$$

где  $P_{всп}(w_i)$  – мощность на привод вспомогательных агрегатов в  $i$ -й момент времени, Вт;  $\Delta t_i$  – шаг изменения времени регистрации параметров, с;  $U_{ri}$  – напряжение генератора в  $i$ -й момент времени, В;  $Q$  – низшая теплота сгорания дизельного топлива, Дж/кг;  $w_i$  – частота вращения коленчатого вала в  $i$ -й момент времени, мин<sup>-1</sup>;  $I_{ri}$  – ток тягового генератора в  $i$ -й момент времени, А;  $\eta_r$  – средний КПД тягового генератора;  $f(P_E)$  – эффективный КПД дизеля при реализации средней эффективной мощности дизеля  $P_E$ , определяемой из выражения

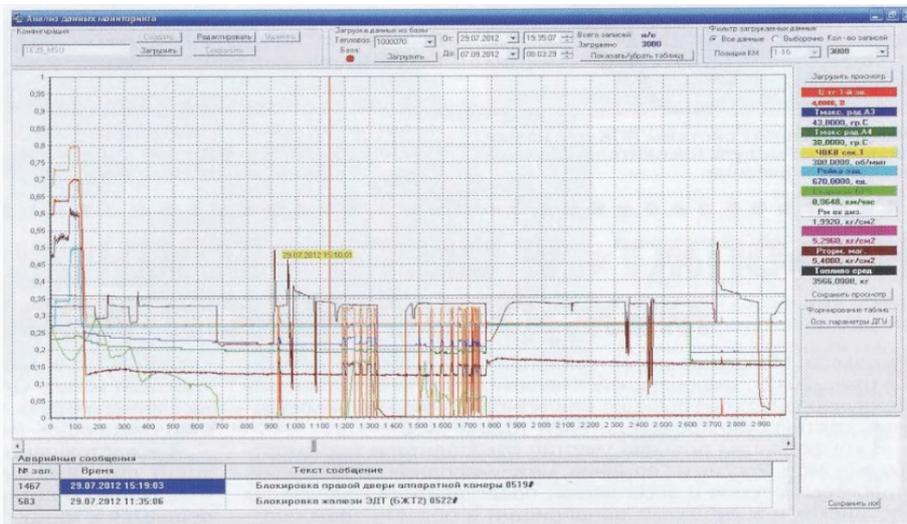
$$P_E = \frac{\sum_i^n P_{всп}(w_i) \cdot \Delta t_i}{t_H} + \frac{1}{\eta_r} \cdot \frac{\sum_i^n I_{ri} \cdot U_{ri} \cdot \Delta t_i}{t_H}. \quad (8)$$

## Заключение

Установлено, что после внедрения систем АСК-РПРТ (РПРТ – регистратор параметров работы тепловоза) снижение удельного расхода дизельного топлива в июне 2018 г. по сравнению с

июнем 2017 г. на рассмотренных пятнадцати участках работы тепловозов составило 12,8 %. После внедрения систем АСК в локомотивное депо на этих же участках по статистике за 4 месяца снижение фактических удельных расходов топлива изменялось от 3,5 до 12,4 %. Кроме того, в процессе эксплуатации локомотива осуществляется передача оперативных данных системы диагностики на сервер диагностики [7]. Помимо основных параметров работы контролируемого оборудования передается информация о зарегистрированных неисправностях тепловоза (аварийные и предупредительные сообщения и связанные с ними

контролируемые параметры), ресурсных показателей работы оборудования [8–10]. Информация, хранящаяся в сервере диагностики, предназначена для использования службой ремонта, разработчиками и изготовителями оборудования тепловозов. Передача данных по каналам сети Интернет осуществляется с использованием защищенного VPN-соединения (Virtual Private Network) [11–13]. При заходе тепловоза в депо и обнаружении системой АСК беспроводной сети происходит автоматическая выгрузка всего архива накопленных параметров в диагностическую базу данных (рис. 2).



**Рис. 2.** Скриншот программы для обработки архивов данных АСК  
**Figure 2.** Screenshot of the program for processing archives of ASC data

Данная информация предназначена для дальнейшей обработки с целью определения технического состояния контролируемого оборудования. Для этого в локомотивное депо оборудовано АРМ диагностики с базой данных и развернута сеть беспроводной передачи данных IEEE 802.11 b/g (Wi-Fi). Система АСК контролирует количество топлива в баке тепловоза при помощи двух датчиков давления, устанавливаемых по диагонали или оси топливного бака. В датчиках используется цифровой выходной сигнал с интерфейсом RS-485, обмен с платой процессора АСК осуществляется по протоколу HART [14–15]. В состав системы АСК входят модуль накопителя, два датчика количества топлива, антенна, комплект кабелей. Внешнее питание модуля-накопителя осуществляется от бортовой сети локомотива, к модулю подключается совмещенная GSM/Wi-Fi/

GPS/ГЛОНАСС-антенна. Встроенный энергонезависимый накопитель рассчитан на хранение объема данных, регистрируемых в течение 30 суток работы тепловоза с последующим кольцевым обновлением информации. В настоящее время определение географической координаты и скорости тепловоза в модуле накопителя осуществляется по данным системы GPS. Однако модуль может быть легко адаптирован для использования навигационных данных от системы ГЛОНАСС. Модуль накопителя имеет источник автономного питания, рассчитанный на 2 часа работы системы в случае отключения АСК от аккумуляторной батареи тепловоза [16]. При отключении внешнего питания АСК или вскрытии модуля-накопителя производится информирование ответственных лиц путем отправки SMS на два телефонных номера. В системе АСК реализована функция самоди-

агностики. Осуществляется контроль ряда параметров платы процессора, температуры внутри модуля-накопителя, последовательных каналов связи (обмен с системой диагностики, датчиками топлива), наличия GSM-сети, связи со спутниками системы GPS [16].

Таким образом, интеллектуальные транспортные системы позволяют получить интегральную оценку теплотехнического состояния локомотива с дальнейшей научно обоснованной коррекцией межремонтных пробегов и постановкой локомотива в ремонт, что увеличивает сроки его эксплуатационной работы. Одним из важных аспектов применения системы непрерывного удаленного контроля технических параметров является снижение расхода дизельного топлива в среднем на 5–10 %, что позволит сделать работу предприятий железнодорожного транспорта более эффективной.

#### Список литературы

1. Kulik A., Dergachov K., Lytvynenko T. Development and research of differential mode GNSS model for intelligent transport functioning providing // Transport problems. 2012. Vol. 7. No. 4. Pp. 71–77.

2. Koropets P. The influence of electromagnetic processes on stability of locomotives traction drive in the slipping mode // Transport problems. 2014. Vol. 9. No. 2. Pp. 41–48.

3. Fellner A., Banaszek K., Trómiński P. The satellite based augmentation system – EGNOS for non-precision approach global navigation satellite system // Transport problems. 2012. Vol. 7. No. 1. Pp. 5–20.

4. Попова И.М., Данилов И.К., Попова Е.А. Навигационные системы как средства повышения безопасности перевозок на пассажирских автопредприятиях // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2013. № 61–62. С. 284–288.

5. Давыдов С.С. Экономические аспекты цифровой железной дороги // Транспортные системы и технологии. 2017. Т. 3. № 2. С. 39–41.

6. Белозеров В.Л. Социально-экономические аспекты инновационных проектов на транспорте // Транспортные системы и технологии. 2016. Т. 2. № 1. С. 5–15.

7. Капитанов В.Т., Чубуков А.Б. О рационализации процесса внедрения интеллектуальной транспорт-

ной системы // Мир транспорта и технологических машин. 2015. № 2 (49). С. 117–123.

8. Лахметкина Н.Ю., Щелкунова И.В., Рогова Д.А. Развитие транспортных систем в цифровой повестке // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2019. № 4. С. 114–120.

9. Осокин О.В. Интеллектуальное сопровождение производственных процессов на железнодорожном транспорте // Транспорт Урала. 2013. № 4 (39). С. 3–7.

10. Розенберг Е.Н., Батраев В.В. Интеллектуальная система управления и обеспечения безопасности движения на ВСМ // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». 2017. № 1. С. 10–22.

11. Розенберг И.Н. Интеллектуальное управление транспортными системами // Государственный советник. 2016. № 3 (15). С. 26–32.

12. Плеханов П.А., Шматченко В.В. Стандартизация магнитолевитационных транспортных систем в России // Транспортные системы и технологии. 2018. Т. 4. № 4. С. 32–43.

13. Поляков В.А., Хачапурдзе Н.М. Модель процесса реализации тяговой силы двигателя магнитолевитирующего поезда // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени акад. В. Лазаряна. 2016. № 4 (64). С. 55–62.

14. Ланидус Б.М., Мачерет Д.А. Методология оценки и обеспечения эффективности инновационных транспортных систем // Экономика железных дорог. 2016. № 7. С. 16–25.

15. Kulik A., Dergachov K., Lytvynenko T. Methods for diagnostic of the technical condition of vehicles employing high precise satellite data // Transport problems. 2014. Vol. 9. No. 1. Pp. 119–128.

16. Zaitsev A.A., Rolle I.A., Evstafeva M.V., Sychugov A.N., Telichenko S.A. Determination of the energy indices of alternating current electric rolling stock using computer simulation // Russian electrical engineering. 2018. No. 89 (10). Pp. 612–616.

#### Для цитирования

Попова И.М., Тимофеев С.В., Данилов И.К. Применение интеллектуальных систем на транспорте // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2019. Т. 20. № 3. С. 236–243. <http://dx.doi.org/10.22363/2312-8143-2019-20-3-236-243>

## Application of intelligent systems in transport

Irina M. Popova, Sergey V. Timofeev

Branch of Samara State University of Railway Transport in Saratov, *1A Astrahanskaya St., Saratov, 410004, Russian Federation*

Igor K. Danilov

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), *6 Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russian Federation*

### Article history:

Received: September 05, 2019

Revised: October 07, 2019

Accepted: October 25, 2019

### Keywords:

railway transport, intelligent transport system, efficiency, technical condition of locomotive equipment, automated control system of operation parameters, system, overhaul mileage

The article discusses the application of intelligent transport systems for railway transport. The purpose of developing intelligent transport systems on railway transport is to strictly comply with the requirements for ensuring transport safety, reducing the level of environmental impact, significantly improving the efficiency of production activities. The software makes automatic accounting, control and analysis of fuel and energy resources consumption on the basis of the obtained data. At the same time, the dynamics of changes in fuel consumption indicators, actual and estimated costs of diesel fuel are visually reflected in real time on the monitor screen. If necessary, the system will help to identify the reasons for non-matching of these parameters and quickly contact the locomotive team to provide qualified assistance in their elimination. It is important that the hardware structure and the structure of the system software expand functionality, providing continuous operation and repair work, increasing the number of measured parameters, creating a closed fuel consumption control system in a locomotive economy. The use of these systems makes it possible to obtain an integrated assessment of the heat engineering condition of a locomotive with further scientifically substantiated correction of overhaul runs, to control its location and solve many other problems, which contributes to an increase in overhaul runs and the operational life of the locomotive.

### References

1. Kulik A, Dergachov K, Lytvynenko T. Development and research of differential mode GNSS model for intelligent transport functioning providing. *Transport problems*. 2012;7(4):71–77.
2. Koropets P. The influence of electromagnetic processes on stability of locomotives traction drive in the slipping mode. *Transport problems*. 2014;9(2):41–48.
3. Fellner A, Banaszek K, Trómiński P. The satellite based augmentation system – EGNOS for non-precision approach global navigation satellite system. *Transport problems*. 2012;7(1):5–20.
4. Popova IM, Danilov IK, Popova EA. Navigacionnye sistemy kak sredstva povysheniya bezopasnosti perevozok na passazhirskih avtopredpriyatijah [Navigation systems as a means of improving transport safety in passenger transport enterprises]. *Bulletin of Kharkiv national automobile and road university*. 2013;(61–62):284–288. (In Russ.)
5. Davydov SS. Jekonomicheskie aspekty cifrovoj zheleznoj dorogi [Economic aspects of digital railway]. *Transportation systems and technology*. 2017;3(2):39–41. (In Russ.)
6. Belozarov VL. Social'no-jekonomicheskie aspekty innovacionnyh proektov na transporte [Socio-economic aspects of innovative transport projects]. *Transportation systems and technology*. 2016;2(1):5–15. (In Russ.)
7. Capitanov VT, Chubukov AB. O racionalizacii processa vnedrenija intellektual'noj transportnoj sistemy [On streamlining the process of introducing an intelligent transport system]. *The world of transport and technological machines*. 2015;2(49):117–123. (In Russ.)

**Irina M. Popova**, Deputy Director for higher education, Head of the Department of Engineering, Humanities, Natural Science and General Professional Disciplines of SSURT branch in Saratov, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor; [impopova@mail.ru](mailto:impopova@mail.ru); eLIBRARY SPIN-code: 1537-0026.

**Sergey V. Timofeev**, senior lecturer of the Department of Engineering, Humanities, Natural Science and General Professional Disciplines of SSURT branch in Saratov; eLIBRARY SPIN-code: 3770-2933.

**Igor K. Danilov**, Director of the Department of Mechanical Engineering and Instrumentation at Academy of Engineering in RUDN University, Doctor of Technical Sciences, Professor; eLIBRARY SPIN-code: 1633-2700.

8. Lakhmetkina NYu, Schelkunova IV, Rogova DA. Razvitie transportnyh sistem v cifrovoj povestke [Development of digital infrastructure transport systems]. *Intelligence. Innovation. Investments*. 2019;(4):114–120. (In Russ.)

9. Osokin OV. Intellektual'noe soprovozhdenie proizvodstvennyh processov na zheleznodorozhnom transporte [Intellectual support of production processes in railway transport]. *Transport of the Urals*. 2013;4(39):3–7. (In Russ.)

10. Rosenberg EN, Batraev VV. Intellektual'naja sistema upravlenija i obespechenija bezopasnosti dvizhenija na VSM [Intelligent control system and ensuring traffic safety on the high-speed rail]. *Bulletin of the Joint Scientific Council of Russian Railways*. 2017;(1):10–22. (In Russ.)

11. Rosenberg IN. Intellektual'noe upravlenie transportnymi sistemami [Intelligent Transport Management]. *State advisor*. 2016;3(15):26–32. (In Russ.)

12. Plekhanov PA, Shmatchenko VV. Standartizacija magnitolevitacionnyh transportnyh sistem v Rossii [Standardization of maglev transportation systems in Russia]. *Transportation systems and technology*. 2018;4(4):32–43. (In Russ.)

13. Polyakov VA, Khachapuridze NM. Model' processa realizacii tjagovoj sily dvigatelja magnitolevitirujushhego poezda [The process model of implementation

of the traction engine train magnetoresitive]. *Science and transport progress. Bulletin of Acad. V. Lazaryan Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*. 2016; 4(64):55–62. (In Russ.)

14. Lapidus BM, Macheret DA. Metodologija ocenki i obespechenija jeffektivnosti innovacionnyh transportnyh sistem [Methodology for assessing and ensuring the effectiveness of innovative transport systems]. *Economy of railways*. 2016;(7):16–25. (In Russ.)

15. Kulik A, Dergachov K, Lytvynenko T. Methods for diagnostic of the technical condition of vehicles employing high precise satellite data. *Transport problems*. 2014;9(1):119–128.

16. Zaitsev AA, Rolle IA, Evstafeva MV, Sychugov AN, Telichenko SA. Determination of the energy indices of alternating current electric rolling stock using computer simulation. *Russian electrical engineering*. 2018; 89(10):612–616.

#### For citation

Popova IM, Timofeev SV, Danilov IK. Application of intelligent systems in transport. *RUDN Journal of Engineering Researches*. 2019;20(3):236–243. <http://dx.doi.org/10.22363/2312-8143-2019-20-3-236-243>. (In Russ.)