

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

# ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

МАТЕРИАЛЫ  
IX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Часть 1

Под общей редакцией *Ю. И. КУЛАЖЕНКО*

Гомель 2019

УДК 656.2.08  
ББК 39.28  
П78

**Редакционная коллегия:**

**Ю. И. Кулаженко** (отв. редактор), **Ю. Г. Самодум** (зам. отв. редактора),  
**А. А. Ерофеев** (зам. отв. редактора), **Т. М. Маруняк** (отв. секретарь),  
**К. А. Бочков**, **Д. И. Бочкарёв**, **Т. А. Власюк**, **И. А. Еловой**, **Д. В. Леоненко**,  
**В. Я. Негрей**, **В. М. Овчинников**, **А. В. Путято**, **А. О. Шимановский**

**Рецензенты:**

доктор технических наук, профессор **М. Б. Кельрих**  
(Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев);  
доктор технических наук, профессор **В. В. Кобищанов**  
(Брянский государственный технический университет);  
доктор технических наук, профессор **Ю. О. Пазойский**  
(Московский государственный университет путей сообщения)

**Проблемы безопасности на транспорте : материалы IX Междунар.**  
П78 **науч.-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 1 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Бе-**  
**ларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кула-**  
**женко. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 415 с.**  
ISBN 978-985-554-878-3 (ч. 1)

Рассматриваются теоретические и организационно-технические основы обеспечения безопасности транспортных систем; пути повышения надежности подвижного состава железнодорожного транспорта; вопросы безопасности транспортной инфраструктуры, систем автоматизации, телемеханики и связи; экологической, энергетической и экономической безопасности на транспорте; надежности и безопасности конструкций, зданий и сооружений; безопасности пассажирских перевозок; физики, механики и математики в обеспечении безопасности транспортных систем.

Для ученых, преподавателей учебных заведений транспортного профиля, научных и инженерно-технических работников научно-исследовательских и проектных организаций, предприятий и учреждений транспорта и строительства.

**УДК 656.2.08**  
**ББК 39.28**

ISBN 978-985-554-878-3 (ч. 1)  
ISBN 978-985-554-879-0

© Оформление. БелГУТ, 2019

где  $Y_{\text{пол.чн}}$  – «полезная» нагрузка в час наибольшей нагрузки,  $Y_{\text{пол.сс}}$  – «полезная» нагрузка за сутки.

$$K_{\text{меш.чн}} = \frac{Y_{\text{меш.чн}}}{Y_{\text{меш.сс}}} = \frac{800}{6120} = 0,1307,$$

где  $Y_{\text{меш.чн}}$  – «мешающая» нагрузка час максимальной нагрузки;  $Y_{\text{меш.сс}}$  – «мешающая» нагрузка за сутки.

Вывод. Проблема «мешающих» переговоров стоит остро при работе поездной радиосвязи; решение заключается в переводе радиосвязи в диапазон метровых или децимет-ровых волн [4, 5], где современные цифровые системы радиосвязи позволяют в одном частотном канале организовать от восьми и более сеансов радиосвязи одновременно.

#### Список литературы

- 1 Шевчук, В. Г. Транспортные радиосистемы. Распространение энергии звуковых и электромагнитных волн : конспект лекций / В. Г. Шевчук – Гомель: БелГУТ, 1998. – 128 с.
- 2 Шевчук, В. Г. Исследование акустического качества канала поездной радиосвязи / В. Г. Шевчук, Р. А. Соловьев, А. В. Карпов // Современные средства связи: материалы XXIII Междунар. науч.-техн. конф., редкол.: А. О. Зеневич [и др.]. – Минск : Белорусская государственная академия связи, 2018. – С. 87–88.
- 3 Долгополов, А. Г. Исследование качества речевых сообщений в системе поездной радиосвязи / А. Г. Долгополов, Р. О. Юркевич, В. Г. Шевчук // Системы передачи и распределения информации: Сборник научных трудов / под ред. доц. В. Г. Шевчука; – Гомель: БелГУТ, 2015 – С. 76–78.
- 4 Стандарт DMR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prs.by/rus/solutions/dmr>. – Дата доступа: 10.09.2019
- 5 GSM-Rail [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://www.senderlisteffm.de/index.html>. – Дата доступа: 01.09.2019.

УДК 656.256:681.32

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПУТЁМ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕРМИНАЛЬНОГО ДОСТУПА

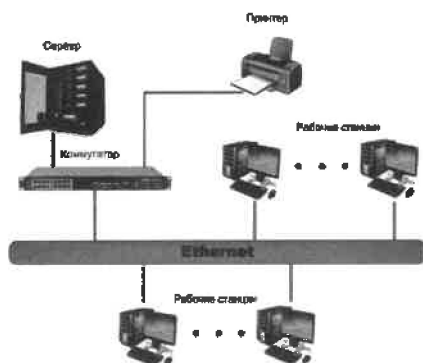
*Е. В. ЩЕБЛЬКИНА, М. В. УШАКОВ*

*Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков, Украина*

Важным направлением развития систем управления поездной и маневровой работой на железнодорожном транспорте является совершенствование эргетических систем станционной автоматики, основными из которых являются устройства электрической (ЭЦ) и диспетчерской (ДЦ) централизации.

Традиционные подходы к проектированию и реализации таких систем предполагают многоуровневую иерархическую структуру, в рамках которой предусматривается набор замкнутых комплектов микропроцессорного оборудования на каждом уровне, каждый из которых представляет собой самостоятельную рабочую станцию (рисунок 1, а).

а)



б)

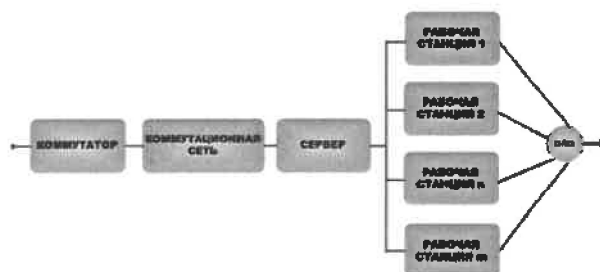


Рисунок 1 – Система управления на базе рабочих станций:  
а – структура системы; б – РЛСБ системы

В условиях локального сетевого объединения применение систем управления на базе рабочих станций предполагает наличие избыточного оборудования, в результате чего снижается эксплуатационная надежность системы в целом. Расчетно-логическая схема безотказности (РЛСБ) при таком подходе имеет вид, представленный на рисунке 1, б.

Развитие информационных технологий в совокупности с применением передовых научных методов оптимизации взаимодействия компонентов позволяет отказаться от традиционной клиент-серверной архитектуры построения систем ЭЦ и ДЦ (см. рисунок 1), сформировав при этом одноуровневую систему на базе единого вычислительного ядра, к которому подключение клиентов выполняется без использования дополнительных ЭВМ. Такой подход реализуется терминальным доступом к подсистеме логических зависимостей с применением терминальных станций (рисунок 2).

Структуризация и оптимизация управления при реализации терминального подхода выполняется с использованием методов графоаналитического проектирования и конфигурирования программно-аппаратных средств. При этом указанные методы интегрируются в современные САПР и САЕ-системы.

Совместно со специалистами Украинского государственного университета железнодорожного транспорта и Научно-производственного предприятия «Желдоравтоматика» (г. Харьков) выполнена экспериментальная разработка систем ЭЦ и ДЦ на базе терминального доступа для последующей реализации на промышленном железнодорожном транспорте. При этом выполнено исследование показателей безотказности систем аналогичного назначения в вариации как терминального доступа, так и доступа на базе рабочих станций. На примере системы ДЦ сравнительная характеристика результатов расчета надежности приведена в таблице 1 (где  $T_o$  – средняя наработка до отказа,  $T_{восст}$  – среднее время восстановления).

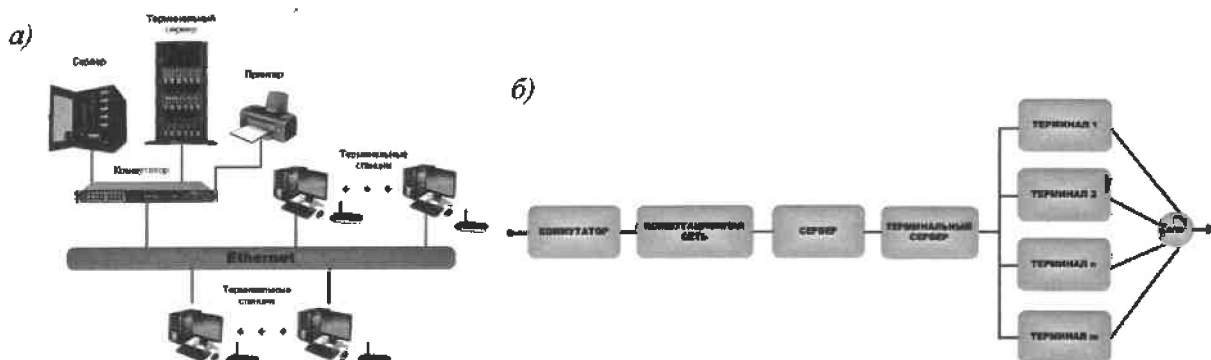


Рисунок 2 – Система управления на базе терминальных станций:  
а – структура системы; б – РЛСБ системы

Таблица 1 – Сравнительная характеристика показателей надёжности двух вариантов реализации ДЦ

Наименование	ЛВМ на базе РС			ЛВМ на базе терминалов		
	Количество, шт	на 1 шт.		Количество, шт	на 1 шт.	
		$T_o$ , г	$T_{вос}$ , г		$T_o$ , г	$T_{вос}$ , г
Сервер	1	43662	4	1	43662	4
Терминальный сервер	–	–	–	1	43662	4
Коммутатор	1	98690	4	1	98690	1
Рабочая станция	20	9643	4	–	–	–
Терминальная станция	–	–	–	20	400000	3

Как видно из результатов расчета, средняя наработка до отказа при реализации подхода на базе терминальных станций более чем в 40 раз превышает соответствующий результат для подхода, базируемого на рабочих станциях (клиент-серверной архитектуре).

Таким образом, целесообразным является дальнейшее развитие терминальных технологий реализации эргатических систем управления на железнодорожном транспорте с поэтапным отказом от применения классических клиент-серверных архитектур. При этом следует отметить, что благодаря уменьшению количества задействованного сетевого оборудования возрастают не только показатели безотказности, но и кибернетической безопасности – в связи с уменьшением количества уязвимых для кибернетических атак программных узлов. Определение параметров кибербезопасности и степе-



ни влияния на нее различных способов реализации архитектуры систем управления требует дополнительного исследования в предметной области.

В процессе имитационного и физического моделирования систем различного назначения с применением терминального доступа определены такие дополнительные особенности их реализации, как необходимость специфических лицензий системного программного обеспечения (ПО), стоимость которых ниже, чем стоимость отдельных серверных и клиентских лицензий для систем на базе рабочих станций, формирование единых полей переменных в составе прикладного ПО, централизация вычислений и т. д. В контексте использования современных САЕ-систем обеспечивается также достаточная экономическая целесообразность такого подхода.

UDC 656.256.3

## SELECTED ASPECTS OF RESEARCH ON THE COOPERATION OF ERTMS ON-BOARD EQUIPMENT WITH TRACK-SIDE EQUIPMENT

*A. BIAŁON, J. FURMAN*

*Railway Research Institute (Warsaw, Poland)*

The article focuses on issues related to the structural control-command and signalling subsystem implemented by the Commission Regulation (EU) No. 2016/919 of 27 May 2016 on the technical specification for interoperability within the control-command and signalling subsystems of the rail system in the European Union, hereinafter referred to as "TSI CCS" (from control-command and signalling) [1].

According to the provisions of Directive 2008/57/EC of June 17, 2008 command and signalling subsystem is described as: "All the equipment necessary to ensure safety and to command and control movements of trains authorised to travel on the network". Moreover [2] divides command and signalling subsystem into two separate subsystems i.e. "Control-Command and Signalling On-board Subsystem" and "Control-Command and Signalling Track-side Subsystem". It is clearly visible that in spite of the common denominator "control-command and signalling", both subsystems are independent assessment subjects for their EC verification by notified bodies [12]. It should also be remembered that apart from the above mentioned control-command and signalling layers of the subsystem so-called basic layer is also distinguished. It consists of track vacancy detection devices, turnouts, station, line equipment etc. The requirements for the basic layer are defined by national regulations and this is conditioned by the diversity of traffic regulations and the applied technical solutions in individual Member States like it is in Poland in [7]. The confirmation of meeting the TSI requirements by the subsystem is to receive the EC certificate of verification which, after carrying out the necessary checks and inspections is issued by the notified body [9, 12].

Regardless of the case under consideration, the European Rail Traffic Management System (ERTMS) is installed on interoperable railway vehicles and interoperable railway lines. ERTMS is defined to meet the TSI control-command and signalling requirements despite where it is implemented. The ERTMS system is classified as Class A and is divided into the European Train Control System (ETCS) and the Global System for Mobile Communications-Railways (GSM-R). The operation of the ETCS system is based on calculating and controlling the braking curves [4, 5]. The aforementioned curves depend on many factors relating both to the vehicle and to the track. When devising the system, it was assumed that these factors can be separated into track-dependent and vehicle-dependent. Thus, vehicle data includes information such as vehicle weight, maximum axle load, maximum speed, brake system parameters, etc.

ETCS systems in both on-board and track-side variants appear in three levels and depending on the requirements also several baselines. Baselines correspond to the version of the technical specifications designed and validated for particular project. TSI 2016/919 [1] indicates three sets of specifications that may be applied during EC verification. From 1 January 2019 the set of specifications only number 2 and 3 are valid for on-board subsystem. That means that since that date only vehicles equipped with baseline 3.4.0 and 3.6.0 are able to obtain EC certificate of verification excluding some specific cases with derogations. Differences between baselines consist in introducing additional functionalities clarifying the requirements as well as improving the stability of the system operation. Baseline 3.4.0 comparing to baseline 2.3.0d introduces new functions such as: Passive Shunting mode, Limited Supervision mode, level crossing not protected, new specification for the Non Leading mode, track conditions for the power supply, track conditions for sounding the horn, virtual balise cover etc. It is worth to mention that baselines backwards and

<i>Иваненко А. А., Линьков В. И., Аникеев А. И.</i> Анализ интернет-информации о нормативной базе аутсорсинга в ОАО «РЖД» .....	229
<i>Казаков А. С.</i> Оценка нарушителей по реализации угроз функциональной безопасности систем железнодорожной автоматики и телемеханики .....	231
<i>Каменев А. Ю., Лапко А. А.</i> Повышение эффективности программирования и конфигурирования систем железнодорожной автоматики .....	233
<i>Кандалов В. А., Пономарев Ю. Э., Каменский В. В.</i> Специфика разработки устройств железнодорожной автоматики и телемеханики в соответствии с современными стандартами и методы повышения функциональной безопасности.....	235
<i>Катков В. Л.</i> Подход к автоматизации анализа влияния отказов на функциональную безопасность микроэлектронных систем железнодорожной автоматики .....	237
<i>Комнатный Д. В.</i> Анализ воздействия электростатического разряда на микроэлектронные узлы при ремонте аппаратуры ЖАТ методом Бержерона .....	239
<i>Кузьмин В. С., Табуничиков А. К., Титова Н. Н., Барышев Ю. А.</i> К вопросу о дифференцировании в канале индуктивной связи АЛС .....	241
<i>Леушин В. Б., Юсупов Р. Р.</i> Об оценке помехоустойчивости каналов с индуктивно-рельсовыми линиями ..	242
<i>Табуничиков А. К., Кузьмин В. С., Меркулов П. М.</i> О диагностике локомотивных устройств АЛСН .....	244
<i>Харлап С. Н.</i> Применение диверситета для повышения уровня функциональной безопасности микроэлектронных систем железнодорожной автоматики.....	246
<i>Хорошев В. В.</i> Обобщенная функция предпочтения для оптимизации вопросников методом корневого вопроса .....	248
<i>Шаманов В. И., Денежкин Д. В.</i> Измерения электрических сопротивлений в неоднородных тяговых рельсовых линиях .....	250
<i>Шевчук В. Г.</i> Повышение квалификации и переподготовка связистов-радиистов Белорусской железной дороги.....	251
<i>Шевчук В. Г., Жигалин И. О., Карпов А. В.</i> Компьютерное моделирование антенных устройств, обеспечивающих требуемый уровень сигнала в канале поездной радиосвязи гектометрового диапазона .....	253
<i>Шевчук В. Г., Жигалин И. О., Карпов А. В., Долгополов А. Г.</i> Исследование «мешающей» нагрузки в канале поездной радиосвязи.....	255
<i>Щеблыкина Е. В., Ушаков М. В.</i> Повышение надёжности эксплуатации эргатических систем управления путём применения технологий терминального доступа.....	257
<i>Bialon A., Furman J.</i> Selected aspects of research on the cooperation of ERTMS on-board equipment with track-side equipment .....	259

#### 4 ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТА

<i>Адаменко Д. Н., Галушко В. Н.</i> Алгоритм программы снижения величины технологического расхода электрической энергии при ее транспортировке для нетяговых железнодорожных потребителей.....	261
<i>Алейников Р. С.</i> Оценка возможностей получения твердого топлива из коммунальных отходов .....	261
<i>Андрейчиков М. В., Горбачева О. В.</i> Совершенствование системы подготовки вагонных цистерн под налив нефтепродуктов на предприятиях Белорусской железной дороги .....	263
<i>Балабин В. Н., Васильев В. Н.</i> Совершенствование юнит-модульной компоновки системы охлаждения дизелей тепловозов .....	264
<i>Барановский К. В., Темников Е. А., Макеев В. В.</i> Акустическое воздействие объектов железнодорожного транспорта на селитебную территорию .....	266
<i>Барановский К. В., Темников Е. А., Макеев В. В., Холякко В. И.</i> Снижение шумового загрязнения на селитебной территории при эксплуатации вагонных замедлителей на сортировочной горке станции Гомель-Сортировочный .....	267
<i>Белоусова Г. Н., Авчинникова Ю. А.</i> Обеспечение экологической безопасности при проектировании водоподготовки и очистки сточных вод объекта социально-бытовой инфраструктуры в дипломном проектировании.....	269
<i>Булаев В. Г.</i> Повышение экологической безопасности тепловозов .....	270
<i>Галабурда Е. Б., Сорокин В. Г., Пыжик Т. Н., Михайлова Л. В.</i> Конструкция смесителя биологических добавок и аминокислот для малого сельскохозяйственного предприятия .....	272
<i>В. Н. Галушко, А. В. Дробов, Громыко И. Л.</i> Прогнозирование потребления электрической энергии дистанции электроснабжения с помощью искусственных нейронных сетей.....	274
<i>Ганаева О. А., Ермолова Я. В., Попова А. Н., Лугаськова Н. В.</i> Инновационные методы очистки атмосферного воздуха от загрязнения транспортом.....	275
<i>Горелая О. Н., Романовская Е. В.</i> Синтез наноструктурированных сорбентов нефтепродуктов из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания .....	277
<i>Грищенко С. Г.</i> Актуальность энергоэкологических исследований железнодорожного подвижного состава .....	279
<i>Громыко И. Л.</i> Разработка нейросетевого газоанализатора на базе ARDUINO и RASPBERRY PI.....	281
<i>Грузинова В. Л., Мельников А. А.</i> Обзор систем автоматизированного проектирования трубопроводов нефти .....	282