



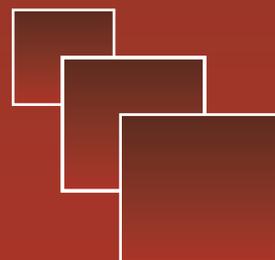
# Вестник

Уральского  
государственного  
университета  
путей сообщения

Научный журнал

**Herald**  
**of the Ural State University**  
**of Railway Transport**

Scientific journal



Научный журнал  
«Вестник Уральского государственного  
университета путей сообщения»  
№ 3 (39), 2018 год

**Главный редактор,  
научный редактор**  
Василий Михайлович Сай

**Литературный и выпускающий редактор**  
Людмила Станиславовна Барышникова

**Техническое редактирование и верстка**  
Светлана Николаевна Наймушина  
**Дизайн обложки**  
Ольга Петровна Игнатьева

**Учредитель и издатель:**  
Уральский государственный  
университет путей сообщения  
(УрГУПС)

**Адрес для корреспонденции:**  
620034, Екатеринбург,  
ул. Колмогорова, 66, УрГУПС,  
редакция журнала  
«Вестник УрГУПС»

**Телефон редакции:** (342) 221-25-60.  
**Веб-сайт:** [www.usurt.ru/vestnik](http://www.usurt.ru/vestnik);  
**e-mail:** [vestnik@usurt.ru](mailto:vestnik@usurt.ru).

Журнал издается по решению  
ученого совета университета  
©УрГУПС

«Вестник УрГУПС» включен ВАКом  
в перечень периодических, научных  
и научно-технических изданий,  
выпускаемых в Российской Федерации,  
в которых рекомендуется публикация  
основных результатов диссертаций.

DOI:10.20291/2079-0392

Свидетельство о регистрации  
средства массовой информации  
Роскомнадзора ПИ № ФС77–38188  
от 30 ноября 2009 г.

Подписной индекс журнала  
в общероссийском  
каталоге «Роспечать» — 70070

Отпечатано в издательстве  
Уральского государственного  
университета путей сообщения,  
620034, Екатеринбург,  
ул. Колмогорова, 66.

Подписано в печать 16.10.2018.

Тираж 300 экз. 1-й з-д: 1–80.  
Формат 70×100/16.  
Заказ 164

Scientific journal «Herald of the  
Ural State University  
of Railway Transport»  
№ 3 (39), 2018

**Editor-in-chief,  
Science editor**  
Vasily M. Say

**Script and copy editor**  
Lyudmila S. Baryshnikova

**Technical editing and make-up**  
Svetlana N. Naimushina

**Cover design**  
Olga P. Ignatjeva

**Founder and publisher:**  
The Ural State University  
of Railway Transport  
(USURT)

**Correspondence address:**  
«Herald of USURT» editorial office  
The Ural State University of Railway Transport»  
66 Kolmogorov Street,  
620034, Ekaterinburg

**Telephone:** +7 (342) 221-25-60.  
**Web-site:** [www.usurt.ru/vestnik](http://www.usurt.ru/vestnik);  
**e-mail:** [vestnik@usurt.ru](mailto:vestnik@usurt.ru).

The journal is published by the decision of  
University Academic Board  
©USURT

DOI:10.20291/2079-0392

Certificate of registration of mass media  
by the Federal Service for Supervision  
in the sphere of communications,  
information technology and mass communications  
(Roskomnadzor) PI № FS77–38188  
of November 30, 2009.

Subscription reference number of the issue  
in the All Russia Catalogue «Rospechat» — 70070

Printed in the Publishing house  
of the Ural State University of  
Railway Transport  
66 Kolmogorov Street,  
620034, Ekaterinburg.

Passed for printing 16.10.2018.

Circulation 300. The 1<sup>st</sup> pr.: 1–80.  
Format 70×100/16.  
Order 164

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**Кейт Бурнхам**, профессор, Университет г. Ковентри, факультет машиностроения и вычислительной техники, Великобритания

**Петер Копачек**, профессор, Венский технологический университет, Венский институт транспорта и робототехники, интеллектуальный транспорт и робототехника, Вена, Австрия

**Владимир Цыганов**, д-р техн. наук, профессор, Институт проблем управления Российской академии наук, Москва, Россия

**Сергей Герман-Галкин**, д-р техн. наук, профессор, Морская академия, Институт судовой автоматики и электротехники, Щецин, Польша

**Клаус Беккер**, профессор, Университет прикладных наук г. Кельна, Институт автомобильной техники, лаборатория NVH, Германия

**Василий Сай**, д-р техн. наук, профессор, Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Россия

## РЕДКОЛЛЕГИЯ

**Аккерман Геннадий Львович**, д-р техн. наук, профессор, УрГУПС, Екатеринбург

**Ашпиз Евгений Самуилович**, д-р техн. наук, профессор, РУТ, Москва

**Булаев Владимир Григорьевич**, д-р техн. наук, профессор, УрГУПС, Екатеринбург

**Воробьев Александр Алексеевич**, д-р техн. наук, профессор, МГУПС, Москва

**Воскресенская Тамара Петровна**, д-р техн. наук, профессор, СибГИУ, Новокузнецк

**Корнилов Сергей Николаевич**, д-р техн. наук, профессор, МГТУ, Магнитогорск

**Кузнецов Константин Борисович**, д-р техн. наук, профессор, УрГУПС, Екатеринбург

**Курганов Валерий Максимович**, д-р техн. наук, ТГУ, г. Тверь

**Лапшин Василий Федорович**, д-р техн. наук, профессор, УрГУПС, Екатеринбург

**Сапожников Валерий Владимирович**, д-р техн. наук, профессор, ПГУПС, Санкт-Петербург

**Сизый Сергей Викторович**, д-р техн. наук, профессор, УрФУ, Екатеринбург

**Тимофеева Галина Адольфовна**, д-р физ.-мат. наук, профессор, УрГУПС, Екатеринбург

**Щурин Константин Владимирович**, д-р техн. наук, профессор, ОГУ, Оренбург

## INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

**Keith Burnham**, professor, Coventry University, Faculty of Engineering and Computing, Great Britain

**Peter Kopachek**, professor, Vienna University of Technology, Vienna Institute of Transportation and Robotics, Intelligent Transportation and Robotics, Vienna, Austria

**Vladimir Tsyganov**, DSc, professor, Russian Academy of Sciences, Institute of Control Sciences, Moscow, Russia

**Sergey German-Galkin**, DSc, professor Maritime Academy, Institute of naval automation and electric engineering, Szczecin, Poland

**Klaus Becker**, professor, Cologne University of Applied Sciences, Institute of Automotive Engineering, NVH Laboratory, Germany

**Vasily Say**, DSc, professor, The Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia

## EDITORIAL BOARD

**Akkerman Gennadiy Lvovich**, DSc, Professor, Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg

**Ashpiz Evgeniy Samuilovich**, DSc, Professor, Russian University of Transport, Moscow

**Bulaev Vladimir Grigorievich**, DSc, Professor, Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg

**Vorobjev Alexander Alexeevich**, DSc, professor, Moscow State University of Railway Transport, Moscow

**Voskresenskaya Tamara Petrovna**, DSc, professor, Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

**Kornilov Sergey Nikolaevich**, DSc, professor, Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

**Kuznetsov Konstantin Borisovich**, DSc, professor, The Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg

**Kurganov Valeriy Maximovich**, DSc, Professor, Tver State University, Tver city

**Lapshin Vasily Fedorovich**, DSc, Professor, Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg

**Sapozhnikov Valery Vladimirovich**, DSc, professor, Petersburg State University of Railway Transport, Saint-Petersburg

**Sizyi Sergey Viktorovich**, D. Sc. in engineering, professor, Ural Federal University, Ekaterinburg

**Timofeeva Galina Adolfovna**, DSc, professor, The Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg

**Shchurin Konstantin Vladimirovich**, DSc, professor, Orenburg State University, Orenburg

# Содержание

## Механика машин и роботов

- 4 Е. В. Сердобинцев, А. Э. Тарасов. Методика обработки экспериментальных данных ходовых и динамико-прочностных испытаний

## Управление в технических системах

- 15 А. А. Резниченко, Е. А. Чеботарев, Н. Р. Тептиков, Д. В. Глазунов. Оценка безотказности и готовности локомотивов в период нормальной эксплуатации
- 23 В. О. Колмаков. Повышение электромагнитной совместимости объектов инфраструктуры железных дорог
- 33 К. И. Корниенко. Исследование влияния изменения профиля пути сортировочного парка на качество его заполнения при расформировании составов

## Организация и логистика

- 43 А. П. Буйносов, И. С. Цихалевский, С. И. Лаптев. Организация эксплуатации, обслуживания и ремонта газотурбовозов ГТ1h
- 56 О. Д. Покровская. Методика и особенности идентификации логистических объектов железнодорожного транспорта
- 68 В. А. Антропов, В. С. Бочко, М. Ю. Книсс. Развитие «зеленой» экономики России
- 84 Е. П. Пьяных. «Мягкая сила» железных дорог

## Безопасность деятельности человека

- 98 К. Б. Кузнецов, А. А. Пазуха. Обеспечение функциональной надежности заземляющих штанг и шунтирующих перемычек контактной сети
- 106 А. Р. Закирова. Оценка аддитивного воздействия электрических и магнитных полей низкочастотного диапазона в производственных условиях

# Contents

## Mechanics of machines and robots

- 4 E. V. Serdobintsev, A. E. Tarasov. The technique of processing experimental data of running and dynamic strength tests

## Control in engineering systems

- 15 A. A. Reznichenko, E. A. Chebotaryov, N. R. Teptikov, D. V. Glazunov. Assessment of locomotives operation reliability
- 23 V. O. Kolmakov. Improving electromagnetic compatibility of the railroads infrastructure facilities
- 33 K. I. Korniyenko. Studying the impact of changes in the sorting yard track profile on its filling while trains splitting

## Organization and logistics

- 43 A. P. Buynosov, I. S. Tsikhalevskiy, S. I. Laptev. Organization of gas turbine locomotives «ГТ1h» exploitation and technical maintenance
- 56 O. D. Pokrovskaya. The identification technique and features of railway logistics facilities
- 68 V. A. Antropov, V. S. Bochko, M. Yu. Kniss. Development of the «green» economy in russia
- 84 E. P. P'yanykh. The «soft power» of railroads

## Personal and social safety

- 98 K. B. Kuznetsov, A. A. Pazukha. Ensuring functional reliability of the catenary grounding sticks and jumper shunts
- 106 A. R. Zakirova. Evaluation of additive impact of low-frequency electric and magnetic fields in plant environments

# Механика машин и роботов

УДК 621.424.001

*Е. В. Сердобинцев, А. Э. Тарасов*

## Методика обработки экспериментальных данных ходовых и динамико-прочностных испытаний

UDC 621.424.001

*E. V. Serdobintsev, A. E. Tarasov*

## The technique of processing experimental data of running and dynamic strength tests

### Аннотация

В статье рассматривается фильтрация цифровых реализаций сигналов, характеризующих динамическое поведение элементов экипажной части локомотивов, после их записи в ходе проведения опытных поездок.

В зависимости от природы сигнала и существующего измерительного оборудования для конкретных типов сигнала, их обработка производится с разными граничными условиями. На основе спектрального анализа сигналов, свойств и характеристик существующих цифровых фильтров проведено исследование чувствительности сигналов к фильтрации

с использованием в качестве параметра оценки среднего значения абсолютного максимума случайного процесса.

Абсолютные максимумы (наибольшие значения) наиболее чувствительны к изменению условий движений (переменная скорость, состояние пути и т. д.), поэтому именно они взяты за основу для частотного анализа динамических случайных процессов. Этот показатель с наибольшей объективностью учитывает их нестационарность, что соответствует реальным режимам эксплуатации и динамических нагрузок.

На основе проведенных расчетов, с учетом опыта

отечественных и зарубежных специалистов даны рекомендации по выбору диапазонов частот фильтрации сигналов ускорений, перемещений и сил в экипажной части тягового железнодорожного подвижного состава.

В работе подчеркивается, что для корректности сравнения экспериментальных данных с результатами компьютерного моделирования последние должны быть обработаны с идентичными граничными условиями, по которым была произведена конечная фильтрация опытных данных.

**Ключевые слова:** измерения, частотная чувствительность, компьютерное

*Статья рекомендована к публикации О.Е. Пудовиковым, д-ром техн. наук, доцентом Российского университета транспорта. E-mail: oleg@invent-ing.ru.*

*The article is recommended for publishing by O.E. Pudovikov, Doctor of technical science, Associate Professor, Russia's transport university. E-mail: oleg@invent-ing.ru.*

**Евгений Васильевич Сердобинцев**, д-р техн. наук, профессор; кафедра «Электропоезда и локомотивы» Российского университета транспорта (МИИТ); Москва, Россия.

**Антон Эдуардович Тарасов**, аспирант; кафедра «Электропоезда и локомотивы» Российского университета транспорта (МИИТ); Москва, Россия. Email: tarasov@invent-ing.de.

**Anton Eduardovich Tarasov**, post graduate student, chair «Electric trains and locomotives», Russia's transport university (MIIT); Moscow, Russia. Email: tarasov@invent-ing.de.

**Evgeny Vasilievich Serdobintsev**, Doctor of technical science, Professor; chair «Electric trains and locomotives», Russia's transport university (MIIT); Moscow, Russia.

моделирование, экспериментальные данные, цифровая фильтрация.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-4-14

### Abstract

The article regards filtering digital implementations of the signals characterizing the locomotive underframe dynamic behavior after being recorded in the course of trials.

Signal processing is performed with different boundary conditions depending on the signal nature and the existing measuring equipment for a particular signal type. The research on the signal sensitivity to filtration was conducted on the basis of the signals spectral analysis

and the characteristics of the existing digital filters. The absolute maximum average of a stochastic process was adopted as the evaluation criterion.

The absolute maxima (the largest values) are the most sensitive to the movement conditions alterations (variable speed, the track condition, etc.) and therefore they are specifically taken as a basis for the frequency analysis of stochastic dynamic processes. This criterion the most objectively considers their non-stationarity which corresponds to the real operation and dynamic load modes.

On the basis of the calculations performed, taking into account the domestic and

foreign experts' experience, recommendations on the choice of filtration frequency ranges for the signals of accelerations, movements and forces in the traction rolling stock underframe were suggested.

The paper emphasizes that, in order the experimental data and the computer modeling results to be compared accurately, the latter should be processed with the boundary conditions identical to those applied in the experimental data filtration.

**Keywords:** measurements, frequency sensitivity, computer modeling, experimental data, digital filtration.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-4-14

Возможные расчетные методики проверки математических моделей рельсовых экипажей – локомотивов полностью изложены в [1], а их подсистем – в [2]. По достижении определенного уровня детализации моделей, который может быть достигнут при использовании для их создания программных комплексов динамического моделирования систем рельсовых экипажей (UM Loco, Adams/Rail, Simpack Rail и др.), позволяющих учесть конструктивно обусловленную остаточную асимметрию экипажа, нелинейные характеристики не только на уровне взаимодействия колеса и рельса, но и в силовых элементах буксовой и кузовной ступеней подвешивания, точные координаты расположения силовых элементов, использование в качестве сравнения методик ручного составления дифференциальных уравнений колебаний становится затруднительным, в первую очередь из-за увеличения числа степеней свободы и количества слагаемых компонент уравнений.

С другой стороны, с увеличением степени детализации компьютерных моделей повышается их цифровое сходство

с прототипом. Это дает основание проводить сравнение результатов моделирования с экспериментом с учетом возможных ограничений как по стоимости, так и по целевому назначению последнего. Для корректного сравнения большее значение имеет правильная обработка результатов испытаний.

Для уменьшения затрат на получение экспериментальных данных при исследовании реальных объектов (локомотивов) испытания чаще всего проводятся в условиях поездной работы на действующих участках рельсового пути. В этом случае осуществляется регистрация поведения динамической системы «экипаж-путь».

Как и при моделировании, параметры, характеризующие взаимодействие между элементами конструкции локомотива, выражаются деформациями связующих элементов (перемещениями), усилиями в них, а также ускорениями самих элементов.

Наиболее доступны для измерения те, которые не требуют дорогостоящего монтажа и демонтажа оборудования на электровозе (ускорения кузова, тележек, взаимные перемещения между

элементами механической части, усилия в доступных для закрепления тензOMETрических датчиков зонах).

Измерить ускорения и силы на элементах тягового привода нельзя без доступа к оборудованию тележки под кузовом, поэтому требуется механическая разборка связей кузова с тележкой и подъём кузова.

Регистрация рамных сил и нагрузок на колесную пару локомотива очень затруднительна, поскольку для этого необходимы дорогостоящие тензOMETрические колесные пары. Их монтаж и настройка также сложны, да и стоимость такого оборудования очень высока. Поэтому обычно ограничиваются измерением ускорений кузова, тележек, буксовых узлов, деформаций упругих и диссипативных элементов обеих ступеней рессорного подвешивания, а также относительных перемещений узлов локомотива между собой.

Для регистрации силовых воздействий, усилий реакций элементов связей используют электротензOMETрические датчики, температурные кривые характеристик которых, как правило, стараются согласовать с температурными характеристиками материала. При использовании для стальных материалов специализированных электротензOMETров влияние температуры на изменение электрических выходных сигналов компенсируется свойствами

металла. Датчики данного типа, если они правильно установлены и откалиброваны, не зависят от прочих внешних факторов воздействия, которые могут внести дополнительные погрешности измеряемой величины. Такие датчики объективно воспроизводят поведение металла.

Амплитудный спектр сигнала тензOMETрического датчика усилия в буксовом поводе тележки электровоза при движении в режиме тяги под нагрузкой (длина реализации 10 с) приведен на рис. 1.

На частотах 2–100 Гц можно выделить четыре характерные области максимумов с частотами до 4,5 Гц, 10–12 Гц, 44–46 Гц и 60–64 Гц.

Эти данные в частотной области хорошо согласуются с результатами, полученными в ходе верификации и отладки упрощенной математической модели горизонтальных колебаний электровоза с аналогичными параметрами, выполненными в [1] (таблица 1).

Как видно из таблицы 1, парциальные частоты горизонтальных колебаний виляния тележки, которые из-за учета высокой продольной жесткости буксовых поводков в общей жесткости упругого силового элемента модели, связывающего колесную пару и раму тележки, превышают 40 Гц. Собственные частоты боковой качки тележки по результатам моделирования в Simpack Rail

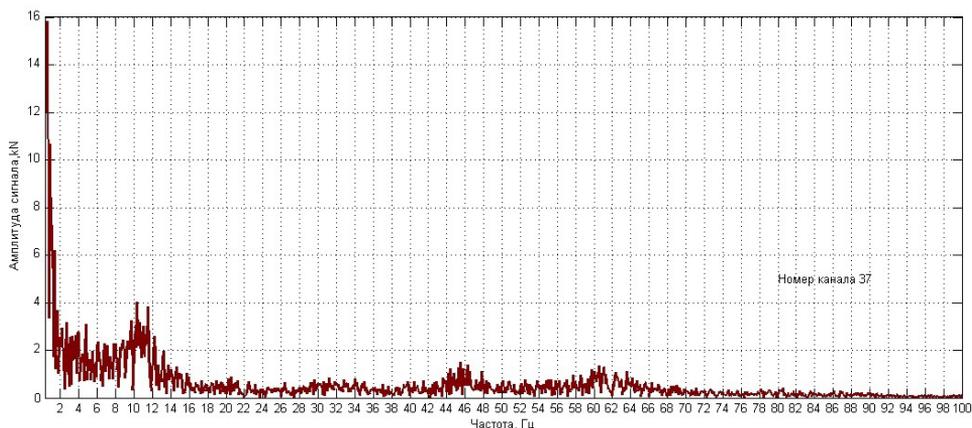


Рис. 1. Амплитудный спектр усилия в буксовом поводе

Таблица 1

Частотные характеристики горизонтальных колебаний тележки

Вид колебания	Обозначение	Величина	
		парциальные частоты модели, Гц	спектральный анализ усилия в буксовом поводе – области максимумов
Боковой относ тележки	$y_T$	4,25	2–4,5
Влияние тележки	$\varphi_T^z$	41,07	44–46
Боковая качка тележки	$\varphi_T^x$	13,71	10–12

находятся в области 12–15 Гц, а парциальные частоты лежат между собственными. Пики в зонах 1,2–4 Гц следует отождествлять с боковым относом тележки и извилистым движением колесной пары, частота которой при моделировании для скорости в 100 км/ч в Simpack Rail составила 1,3 Гц.

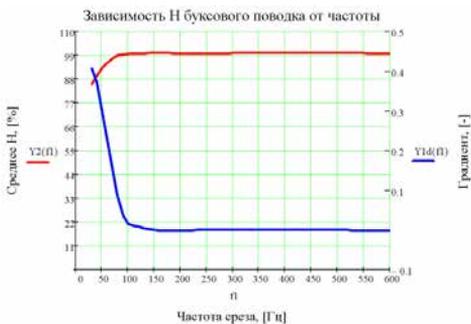
Оговоримся, что движение электроваза моделировалось с постоянной скоростью для свободного движения, а сигналы, полученные в ходе испытаний, содержат частотные составляющие переменного диапазона скоростей при возмущенном движении. Поэтому пики на частотах в 60–64 Гц с большой долей вероятности воспроизводят те же процессы, но для другого скоростного режима.

Более высокие частоты в сигнале не выражены. Представленный на рис. 1 спектральный анализ выполнен после предварительной обработки сигнала цифровым фильтром нижних частот Баттерворта 4-го порядка с частотой среза в 200 Гц. Частота среза выбрана после анализа чувствительности данного типа сигнала к частотной

фильтрации во всем диапазоне до частоты Найквиста, которая равна половине частоты дискретизации при записи сигнала. Частота дискретизации для данного типа датчиков – 1200 Гц. На рис. 2 представлено нормированное (в процентах от максимальной величины) усилие для всего диапазона частот от 40 до 600 Гц среднее значение абсолютного максимума  $\bar{N}$  для 250 реализаций непрерывных записей 2000 км испытательной поездки в зависимости от частоты среза фильтра нижних частот, через который пропускался сигнал по каналам регистрации растягивающих и сжимающих усилий в буксовых поводах первой колесной пары первой тележки электроваза.

По градиенту (первой производной, синяя кривая) и кривизне (второй производной, зеленая кривая) данной зависимости хорошо видно, что точка перегиба скорости изменения величины  $\bar{N}$  от частоты среза приходится на диапазон в окрестности значения 100 Гц, что подтверждает результаты спектрального анализа случайно выбранного

а)



б)

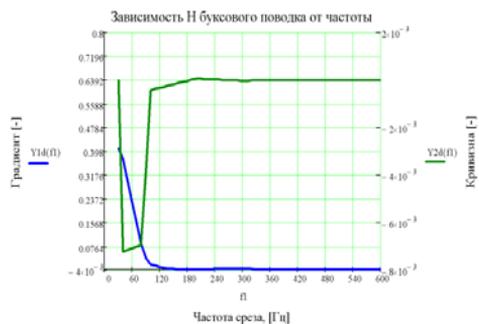


Рис. 2. Среднее значение абсолютного максимума усилия в буксовом поводе (а) и его чувствительность к изменению частоты среза (б)

отрезка процесса из всех записей по данному каналу: в данном сигнале частоты свыше 80 Гц практически отсутствуют, а максимальная чувствительность к фильтрации приходится на отрезок от 40 до 80 Гц. Таким образом, данный сигнал практически не имеет в своем составе частот, не принадлежащих исследуемому процессу. Поэтому пики частот, обнаруженные в ходе спектрального анализа (рис. 1), объективно воспроизводят поведение динамической системы исследованного электровоза в данном узле связи колесной пары с рамой тележки.

В последние десятилетия широкое распространение получили датчики измерения ускорений со свободно расположенной массой, воздействующие при перемещении на пьезоэлектрический чувствительный элемент. Частотный диапазон таких датчиков начинается (в зависимости от собственных характеристик инерционной массы) от нескольких десятков герц и практически не имеет верхнего ограничения [3]. Поэтому в отличие сигналов сил и перемещений необработанные цифровые дискретные записи ускорений содержат, как правило, значительную часть значений в диапазоне, не относящемся непосредственно к регистрируемому физическому процессу. Часто ускорения используются как мера нагружения узла

или детали. При этом необходимо выделить и обработать только те частотные составляющие, которые правильно соотносятся с условиями работы того или иного элемента. На рис. 3 представлен амплитудный спектр поперечного ускорения рамы тележки электровоза, записанный акселерометром, расположенным близко к центру масс тележки.

Наибольшие амплитуды ускорений в нефильтрованном сигнале (красная зона) приходится на частоты в 120–140 и 260–280 Гц. Предположение, что максимумы ускорений между 120 и 280 Гц оказывают такое воздействие, которое приводит к пропорциональному в 18 т массе тележки возникновению поперечных сил, ошибочно, так как тележка будет двигаться с усилиями до первой собственной изгибной частоты рамы. Понижение частоты среза фильтра нижних частот до 200 Гц из-за неидеальности амплитудно-частотной характеристики примененного фильтра в зоне записания практически не повлияло на максимумы частот вблизи точки перегиба его АЧХ – амплитудные максимумы на частотах до 150 Гц сохранились. Очевидно, что в случае их принадлежности к динамическим частотам рамы тележки колебания происходили бы в резонансной зоне, что исключено. С точки зрения прочности, 90% накоплений повреждений в материале ходовых частей

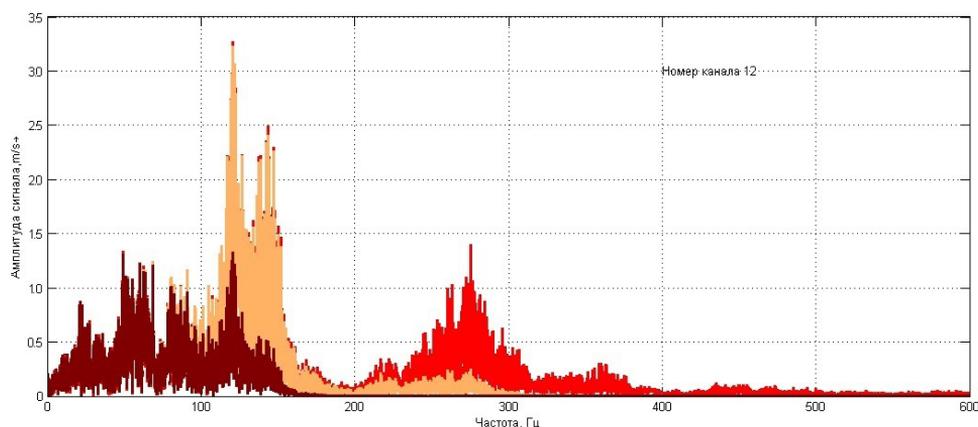


Рис. 3. Амплитудный спектр поперечного ускорения рамы тележки с фильтрацией до 600 (красная область), 200 (бежевая область) и 100 (темно-коричневая область) Гц

рельсовых экипажей происходит на частотах до 100 Гц [4].

Результаты исследования чувствительности сигналов поперечных ускорений кузова, рамы тележки и корпуса буксового подшипника грузового электровоза, записанные с частотой дискретизации 1200 Гц, представлены на рис. 4.

Средние значения их абсолютных максимумов, соответствующие частотам свыше 200 Гц, на рис. 4, а не отображены. Кривые красного цвета соответствуют результатам исследования поперечного ускорения первого по ходу движения шкворня кузова; кривые синего цвета – центра тяжести тележки, зеленого – крышки буксового подшипника первой по ходу движения колесной пары первой тележки.

По первой производной каждого сигнала видно, что наиболее выраженные точки перегиба скорости изменения среднего значения абсолютного максимума от частоты среза находятся в окрестности: для кузова – 30 Гц, для тележки – начиная с 40 Гц, для колесной пары – 80 Гц.

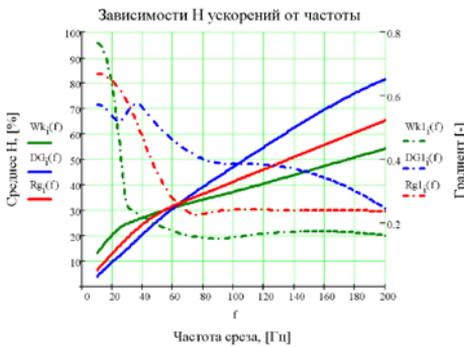
По скорости изменения градиента (вторая производная от исходной величины; сплошные линии на рис. 4, б) на этих же частотах наблюдается наибольшая чувствительность к низкочастотной

фильтрации по каждому виду сигнала, а значит, и пропорциональные им доли частот, принадлежащие регистрируемым процессам, максимальны в этих зонах.

Данные пороговые значения в сопоставлении с частотами фильтрации хорошо согласуются с результатами исследований ускорений на переменных скоростях движения [5].

По сравнению с группами сигналов, рассмотренными выше, датчики, регистрирующие перемены, в особенности реостатные тросиковые прогибомеры, обладают наибольшей инертностью и практически не реагируют на высокие частоты, передавая только фактические взаимные макроизменения (взаимные перемещения здесь могут достигать нескольких десятков миллиметров, в отличие от микрометрических деформаций в тензодатчиках и пьезоэлементах датчиков ускорений) обобщенных координат тел исследуемой системы. Поэтому в амплитудных спектрах этих сигналов преимущественно преобладают низкие частоты, отражающие колебательные свойства элементов экипажной части электровоза. Так, в спектре сигнала регистратора перемещений вертикального демпфера вторичной ступени рессорного подвешивания будут преобладать частоты боковой качки кузова,

а)



б)

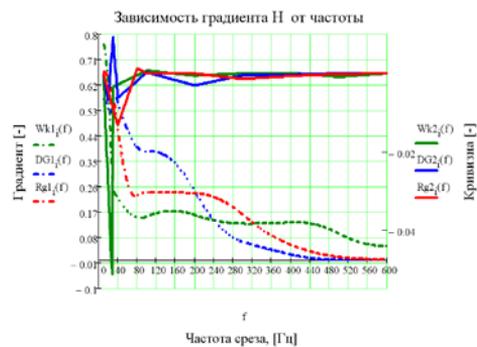


Рис. 4. Среднее значение абсолютного максимума поперечных ускорений (сплошные линии) и их градиентов (штрихпунктирные линии) кузова, тележки и колесной пары электровоза (а) и их чувствительность к изменению частоты среза (б)

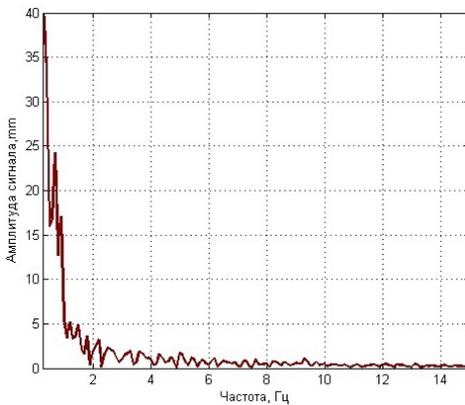
в спектре сигнала перемещений поперечного демпфера – частоты бокового относительного кузова и тележки и т. д.

На рис. 5 представлены спектры сигналов датчиков перемещения кузовного вертикального (а) и поперечного (б) демпферов.

В обоих спектрах (рис. 5) первые два максимума в диапазоне 0,4–0,9 Гц следуют отождествлять с боковым относительным кузова, такие же результаты получены при моделировании свободных колебаний упрощенной модели электровоза в [2]; в спектре, отражающем

боковой относительный в первичной ступени экипажной части электровоза, также можно выделить максимумы в 4, 9, и 17 Гц, согласующиеся с собственными и парциальными частотами бокового относительного кузова и влияния тележки (см. таблицу 1). Частоты в диапазоне свыше 30 Гц в обоих спектрах отсутствуют. Анализ частотной чувствительности среднего значения абсолютного максимума  $\bar{H}$  для сигналов перемещений представлен на рис. 6. Красная кривая показывает чувствительность сигнала в кузовной ступени, синяя – в буксовой. Несмотря

а)



б)

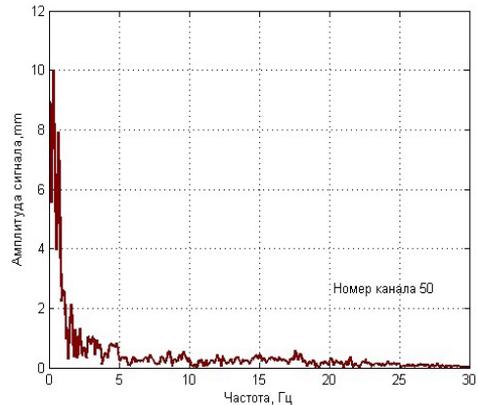
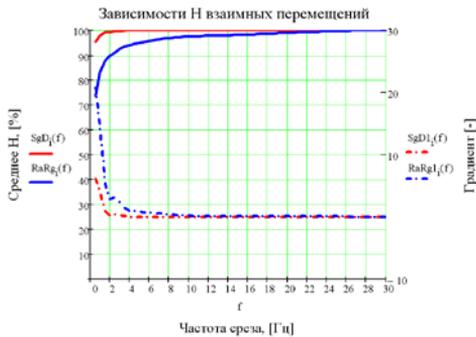


Рис. 5. Амплитудный спектр перемещения поршня поперечного кузовного демпфера (а) и взаимного поперечного перемещения рамы тележки и буксового узла (б)

а)



б)

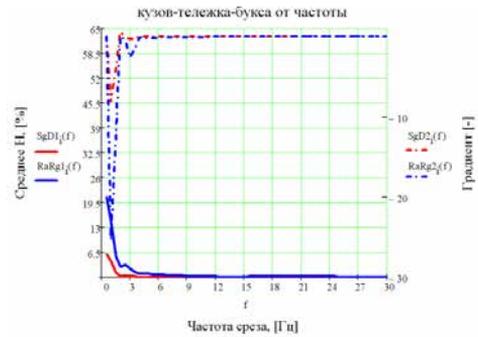


Рис. 6. Среднее значение абсолютного максимума взаимных поперечных перемещений (сплошные линии) и их градиентов (штрихпунктирные линии) кузова, тележки и колесной пары электровоза (а) и их чувствительность к изменению частоты среза (б)

на несколько больший градиент сигнала в буксовой ступени подвешивания, чувствительность к фильтрации у обоих сигналов практически одинаковая: на частотах свыше 5–8 Гц данный параметр, учитывающий эффективную частоту процесса, практически не изменяется, что подтверждает результаты спектрального анализа.

Поэтому для регистрации сигналов перемещений без потерь частота дискретизации может быть в несколько раз меньше, чем для ускорений и сил.

Среднее значение абсолютного максимума показателей динамических качеств локомотивов может быть определено аналитическим выражением:

$$\bar{H}_q \equiv S_q \left( \sqrt{2 \ln(f_e t_p)} + \frac{1}{\sqrt{2 \ln(f_e t_p)}} \right), \quad (1)$$

где  $S_q$  – среднее квадратическое отклонение динамического процесса;  $f_e$  – эффективная частота динамических процессов перемещений, ускорений или сил, Гц;  $t_p$  – время реализации анализируемой части динамического процесса [6].

Несмотря на то, что формула (1) справедлива только при постоянных скоростях движения, среднее значение абсолютного максимума является показателем, реагирующим на изменение частоты процесса, поэтому частотная фильтрация для выявления корректного диапазона частот из экспериментальных сигналов, соответствующих режимам работы того или иного узла электровоза, является первоочередной задачей при обработке результатов испытаний.

Расчет передаточной функции цифрового сигнала для фильтра Баттерворта  $n$ -го порядка в дискретной  $z$ -плоскости осуществляется по формуле:

$$\begin{aligned} H(z) &= \frac{\mathbf{B}(z)}{\mathbf{A}(z)} = \\ &= \frac{b(1) + b(2)z^{-1} + \dots + b(n+1)z^{-n}}{1 + a(2)z^{-1} + \dots + a(n+1)z^{-n}}, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $z$  – дискретный сигнал на плоскости  $z$ -преобразования [7];  $\mathbf{B}(z)$  и  $\mathbf{A}(z)$  –

векторы коэффициентов полиномов числителя и знаменателя передаточной функции длины  $n + 1$  соответственно.

Расчет коэффициентов передаточной функции фильтров в современных программных пакетах для цифровой обработки сигналов (MatLAB, FAMOS) не представляет трудностей. Входными параметрами для расчета при этом обычно являются порядок фильтра и частота среза, задаваемая нормировано от 0 до 1 к половине частоты дискретизации, с которой был оцифрован сигнал.

Для обработки результатов с целью определения динамических качеств системы рекомендованные свойства АЧХ фильтра: спад характеристики в переходной зоне частоты среза при ослаблении сигнала на  $-3дБ \geq 24$  дБ/октаву, равномерность характеристики в фильтруемой зоне (до частоты среза)  $\pm 0,5$  дБ/октаву, вне фильтруемой зоны (за частотой среза)  $\pm 1$  дБ/октаву [8].

На практике чаще всего применяют фильтр Баттерворта, поскольку его АЧХ в полосе пропускания является самой равномерной по сравнению с другими видами фильтров. Порядок фильтра колеблется между 4 и 6. Фильтр Баттерворта меньшего порядка имеет недостаточный спад АЧХ в зоне записывания, а при повышении порядка более 6-го возможен эффект «перерегулирования» – появление в отфильтрованном сигнале высокочастотной составляющей в узкой полосе частот непосредственно за зоной записывания.

На рис. 7 представлены АЧХ фильтра Баттерворта 4-го порядка для фильтрации сигнала, записанного с частотой дискретизации 1200 Гц, с частотами среза 20 и 200 Гц.

### Выводы

1. Среднее значение абсолютного максимума учитывает эффективную частоту динамических процессов.

2. Измерительные датчики в зависимости от конструкции и природы измеряемой величины фиксируют разные частотные диапазоны с неодинаковой

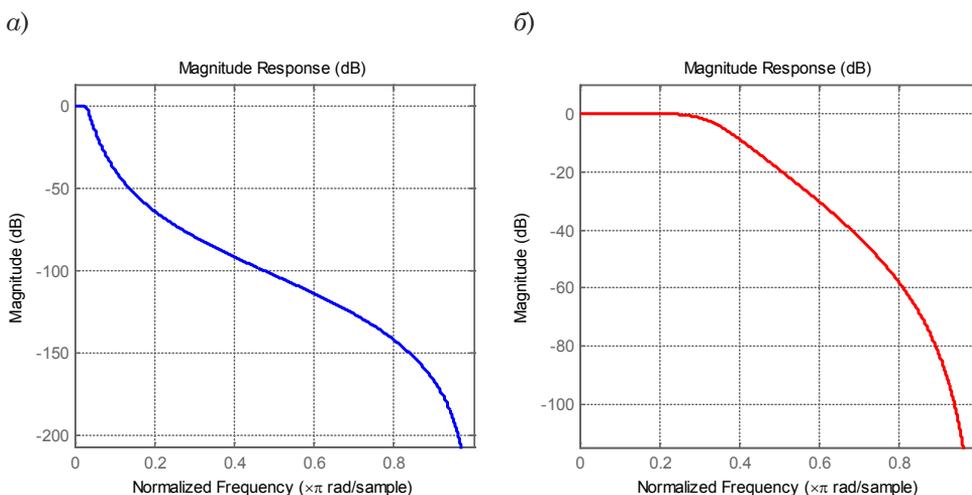


Рис. 7. Амплитудно-частотные характеристики фильтра Баттерворта с частотой среза 20 Гц (а) и 200 Гц (б)

чувствительностью. Поэтому вне зависимости от ступени механической части экипажа фильтрацию необходимо выполнять по двум причинам: а) для исключения ложных показаний и дополнительных погрешностей от самой измерительной аппаратуры все измеренные сигналы должны быть пропущены через фильтр нижних частот с частотой среза, соответствующей верхней границе поля допуска датчика; б) для обеспечения оценки корректного рабочего диапазона частот, соответствующего режимам работы измеряемого объекта, узла или детали.

3. Наиболее широкое распространение при обработке результатов испытаний получил фильтр Баттерворта (фильтр нижних частот – ФНЧ, или полосовой) 4-го порядка.

4. Частота среза фильтра нижних частот должна быть выбрана соответственно виду сигнала и объекту измерения. При измерении ускорений (для сравнения с результатами компьютерного моделирования) рекомендуется применять полосовой фильтр, исключая также из полосы пропускания собственные частоты свободно расположенной массы датчика [8].

Таблица 2

Рекомендуемые частоты среза при обработке экспериментальных данных динамико-прочностных испытаний

Вид сигнала	Уровень экипажной части	Данные фильтра	
		частота среза, Гц	тип фильтра
Силы	Кузов-тележка	30	ФНЧ
	Тележка-колесная пара	80	ФНЧ
Ускорения	Кузов	0,4–10	Полосовой
	Тележка	40	ФНЧ
	Колесная пара	80	ФНЧ
Перемещения	Кузов-тележка	0,1–4	Полосовой
	Тележка-колесная пара	20	ФНЧ

По результатам проведенного анализа экспериментальных данных (спектральный анализ и частотная чувствительность среднего значения абсолютного максимума  $\bar{H}$ ) и в соответствии с [4, 5, 8] рекомендуемые частоты среза для цифровых фильтров в зависимости от вида сигнала и местоположения

датчиков на экипажной части локомотива представлены в таблице 2.

5. При сравнении результатов компьютерного моделирования движения рельсовых экипажей с результатами натурных испытаний частотный диапазон смоделированных и экспериментальных сигналов должен быть одинаковым. ■

### Литература

1. Тарасов А. Э. Отладка и проверка пространственных динамических моделей локомотивов в Simpack Rail на верхнем уровне // Инновационный транспорт. № 1 (27). С.67–75. ISSN 2311-164X.
2. Сердобинцев Е. В., Тарасов А. Э. Верификация пространственных динамических моделей рельсовых экипажей в SIMPACK Rail при исследовании горизонтальных колебаний локомотивов // Транспорт Урала. 2017. № 4 (55). С. 3–9. ISSN 1815-9400.
3. Гик Л. Д. Измерение ускорений. / АН СССР, Сибирское отд-ние, Ин-т автоматике и электрометрии. – Новосибирск : Наука, 1966. 124 с.
4. Jenne S. Ermittlung und Bewertung von Beanspruchungs- und Belastungskollektiven von Radsatzwellen eines ICE3 der Deutschen Bahn AG. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs. TU Clausthal, 2013, 155 s.
5. Bugarcic H., Breznovsky M., Kasten P. Experimentelle Erfassung der für die Festigkeitsauslegung von Stadtverkehrs-Schienenfahrzeugen repräsentativen laufdynamischen Rechenparameter. Abschlussbericht zu Forschungsvorhaben des Bundesministers für Verkehr Auftrags-Nr. 70211/87, Juli 1989. 558 s.
6. Крушев С. Д., Сердобинцев Е. В., Званцев П. Н. Исследование свободных и вынужденных колебаний моделей подвижного состава : учеб. пособие. М. : МИИТ, 2012. 51 с.
7. Рабинер Л., Гоулд Б, Теория и применение цифровой обработки сигналов / Пер. с англ. А. Л. Зайцева, Э. Г. Назаренко, Н. Н. Тетёкина ; под ред. Ю. Н. Александрова. – М. : Мир, 1978. 848 с.
8. DIN EN 14363:2016 Railway applications – Testing and Simulation for the acceptance of running characteristics of railway vehicles – Running Behaviour and stationary tests, ICS 45.060.01, Oktober 2016.

### Literature

1. Tarasov A. E. Adjustment and testing of spatial dynamic locomotive models in Simpack Rail on the top level [Otladka i proverka prostranstvennyh dinamicheskikh modeley lokomotivov v Simpack Rail na verhnem urovne] // Innotrans. № 1 (27). P. 67–75. ISSN 2311-164X.
2. Serdobintsev E. V., Tarasov A. E. Verification of spatial dynamic models of rail equipages in SIMPACK Rail in investigation of locomotive horizontal oscillations [Verifikatsiya prostranstvennyh dinamicheskikh modeley rel'sovyh ekipazhey v SIMPACK Rail pri issledovanii gorizonta'nyh kolebaniy lokomotivov] // Transport of the Urals. 2017. № 4 (55). P. 3–9. ISSN 1815-9400.
3. Gick L. D. Measurement of accelerations. [Izmerenie uskoreniy] / USSR AS, Siberian branch, Institute of automation and electrometry. – Novossibirsk: Science, 1966. 124 p.
4. Jenne S. Ermittlung und Bewertung von Beanspruchungs- und Belastungskollektiven von Radsatzwellen eines ICE3 der Deutschen Bahn AG. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs. TU Clausthal, 2013, 155 s.
5. Bugarcic H., Breznovsky M., Kasten P. Experimentelle Erfassung der für die Festigkeitsauslegung von Stadtverkehrs-Schienenfahrzeugen repräsentativen laufdynamischen Rechenparameter. Abschlussbericht zu Forschungsvorhaben des Bundesministers für Verkehr Auftrags-Nr. 70211/87, Juli 1989. 558 s.
6. Krushev S. D., Serdobintsev E. V., Zvantsev P. N. Investigation of free and forced oscillations of the rolling stock models: [Issledovanie svobodnyh i vynuzhdennyh kolebaniy modeley podvizhnogo sostava] : workbook. M. : MIIT, 2012. 51 p.

7. Rabiner L., Gold B. Theory and application of digital processing of signals [Теория и применение цифровой обработки сигналов] / Transl. from Eng. by A.L. Zaitsev, E.G. Nazarenko, N.N. Tetyokin; ed. by Yu.N. Alexandrov. – М. : Mir, 1978. 848 p.
8. DIN EN 14363:2016 Railway applications – Testing and Simulation for the acceptance of running characteristics of railway vehicles – Running Behaviour and stationary tests, ICS 45.060.01, Oktober 2016.

*Статья сдана в редакцию 18 мая 2018 года*

# Управление в технических системах

УДК 629.423

*А.А. Резниченко, Е.А. Чеботарев, Н.Р. Тептиков, Д.В. Глазунов*

## Оценка безотказности и готовности локомотивов в период нормальной эксплуатации

UDC 629.423

*A.A. Reznichenko, E.A. Chebotaryov, N.R. Teptikov, D.V. Glazunov*

## Assessment of locomotives operation reliability and readiness in normal operation period

### Аннотация

Рассмотрены два периода жизненного цикла локомотивов: периоды гарантийной и нормальной послегарантийной эксплуатации. Сформированы и проанализированы исходные данные для расчета показателей безотказности и готовности локомотивов, предоставленные группой компании «Локомотивные технологии». Произведена оценка эксплуатации сервисных локомотивов Северо-Кавказской железной

дороги ЭП1 и 2ЭС4К по обеспечению требуемой безотказности и готовности данных электровозов в период их нормальной работы в условия эксплуатационного депо Батайск. Используются статистические данные для определения значений коэффициентов готовности и безотказности. Рассчитаны показатели готовности и безотказности тягового подвижного состава в период эксплуатационной активности локомотивов ЭП1 и 2ЭС4К.

Проведено сравнение расчетных значений коэффициентов внутренней и технической готовности локомотивов ЭП1 и 2ЭС4К с типичными показателями, установленными техническими условиями. Предлагаемая последовательность оценки безотказности и готовности локомотивов в период их нормальной эксплуатации позволяет выявить существующие недостатки при эксплуатации подвижного состава и сформировать

*Статья рекомендована к публикации А.П. Буйновым, д-ром техн. наук, профессором Уральского государственного университета путей сообщения. E-mail: ABuinosov@usurt.ru.*

*The article is recommended for publishing by A.P. Buinosov, Doctor of technical science, Professor, Ural state university of railway transport. E-mail: ABuinosov@usurt.ru.*

**Николай Романович Тептиков**, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Электрический подвижной состав» Ростовского государственного университета путей сообщения; г. Ростов-на-Дону, Россия. E-mail: teptikov@yandex.ru.

**Евгений Александрович Чеботарев**, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Электрический подвижной состав» Ростовского государственного университета путей сообщения; г. Ростов-на-Дону, Россия. E-mail: chebotarev. evg@yandex.ru.

**Дмитрий Владимирович Глазунов**, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Электрический подвижной состав» Ростовского государственного университета путей сообщения; г. Ростов-на-Дону, Россия. E-mail: glazunovdm@yandex.ru.

**Alexey Alexandrovich Reznichenko**, Candidate of technical science, Associate Professor; chair «Electric rolling stock», Rostov state university of railway transport; Rostov-on-the-Don, Russia. E-mail: reznichenko-a1938@yandex.ru.

**Nikolay Romanovich Teptikov**, Candidate of technical science, Associate Professor; chair «Electric rolling stock», Rostov state university of railway transport; Rostov-on-the-Don, Russia. E-mail: teptikov@yandex.ru.

**Evgeniy Alexandrovich Chebotarev**, Candidate of technical science, Associate Professor; chair «Electric rolling stock», Rostov state university of railway transport; Rostov-on-the-Don, Russia. E-mail: chebotarev. evg@yandex.ru.

**Dmitry Vladimirovich Glazunov**, Candidate of technical science, Associate Professor; chair «Electric rolling stock», Rostov state university of railway transport; Rostov-on-the-Don, Russia. E-mail: glazunovdm@yandex.ru.

мероприятия по повышению качества эксплуатации подвижного состава.

Ритмичная и устойчивая работа железнодорожного транспорта во многом зависит от надежности тягового подвижного состава и эффективности его использования. В этих целях во многих локомотивных депо организованы и работают лаборатории и группы надежности. Создание вычислительных центров на дорогах и решение отдельных задач АСУТ заставляет пересмотреть прежние, чисто субъективные способы оценки состояния локомотивов и диктует целесообразность научного обоснования параметров системы технического обслуживания и ремонта с применением современных математических методов.

**Ключевые слова:** электровоз, пробег, неплановый ремонт, поток отказов, коэффициент внутренней готовности, коэффициент технической готовности, безотказность.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-15-22

### Abstract

The two periods of the locomotives life cycle are regarded: the guarantee and normal post guarantee operation periods. The basic data for calculating the operation reliability and readiness indicators, provided by the «LocoTech» Group of Companies, was formed and analyzed. The locomotives «ЭП1» and «ЭС4К» operation ensuring their reliability and readiness required was assessed in the normal operation period at North-Caucasian Railway Bataysk depot. The statistical data was used to define the reliability and readiness coefficients. The operation reliability and readiness indicators of the traction rolling stock in the «ЭП1» and «ЭС4К» locomotives operation period were calculated. The expected coefficient values of internal and technical readiness of the locomotives were compared to the specified standard values.

The offered assessment sequence allows to identify the faults existing in the rolling stock operation process and

take measures to improve its quality.

Rhythmical and steady operation of the railway transport depends in many respects on the reliability of the traction rolling stock and efficiency of its use.

Pursuing this aim, reliability laboratories and groups are organized at many locomotive depots. Organization of computation centers at the railroads and solution of separate automated control system tasks becomes a force to reconsider the former, purely subjective ways of the locomotives condition assessment and dictates the expediency of the parameters system of maintenance and repair being scientifically justified through modern mathematical methods.

**Keywords:** electric locomotive, run, emergency maintenance, failure flow, internal readiness coefficient, technical readiness coefficient, operation reliability.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-15-22

Безотказность единиц тягового подвижного состава определяется как результат воздействия всевозможных случайных факторов, действующих на его работоспособность. Влияние случайных факторов на подвижной состав невозможно установить только классическими методами. Необходимо применять специальные эмпирические методы расчета тягового подвижного состава на безотказность, потому что они позволяют определить технико-экономическую оценку мероприятий по повышению их качества.

В течение гарантийного пробега локомотивов и последующей их эксплуатации у каждого из них возникают отказы. Работоспособность узлов тягового подвижного состава восстанавливают

на любых видах ремонта. Периодические восстановления и отказы железнодорожной техники создают потоки восстановлений и отказов [1, 2].

В качестве количественного показателя потока отказов локомотивов используется «осредненный параметр потока отказов» – математическое ожидание числа отказов  $N$  локомотивов за пробег [3]. Осредненный параметр потока отказов  $\omega(L)$  используется в качестве основного показателя безотказности локомотивов. Он характеризует среднее число отказов локомотивов за достаточно малый интервал пробега  $\Delta L$  и определяется:

$$\omega(L) = \lim_{\Delta L \rightarrow 0} \frac{\sum \{N(L + \Delta L)\} - \sum \{N(L)\}}{\Delta L}. \quad (1)$$

Период жизненного цикла локомотива делится на два. Первый, устанавливаемый между поставщиком и получателем, – это период гарантийной эксплуатации локомотива. Вторым – период нормальной послегарантийной эксплуатации. Поток отказов в период послегарантийной работы тягового подвижного состава принимается в соответствии с простейшим пуассоновским потоком отказов, в котором распределение наработки между отказами достаточно близко экспоненциальному. Простейшему пуассоновскому потоку свойственно постоянство плотности распределения отказов, взаимная независимость отказов; отказы поступают не группами, а поодиночке. Вводя допущения экспоненциальности законов распределения событий, можно получить выражение основных показателей надежности в аналитической форме.

Экспоненциальный закон в теории надежности играет такую же роль, как и закон Ома в электротехнике [4,5]. Большинство электрических цепей в своем составе содержат нелинейные элементы, что усложняет расчет таких цепей. Однако предположение о линейном характере зависимости тока от напряжения для всех элементов цепи, что отражает закон Ома, значительно упрощает расчеты. Безусловно, результаты таких расчетов будут приближенными. Это потребует детального уточнения результатов другими методами и цепей и показателей надежности [6].

Характеристический признак экспоненциальности закона распределения отказов локомотивов:

$$T = \sigma_t,$$

где  $T$  – среднее значение наработки локомотива до отказа,  $T = \frac{1}{\lambda}$ ;  $\sigma_t$  – среднее квадратичное отклонение отказов  $\sigma_t = \sqrt{D}$ ;  $\lambda$  – интенсивность отказов;  $D_t$  – дисперсия наработки до отказа,  $T = \frac{1}{\lambda^2}$ .

Статистическая оценка параметра потока отказов для изменяющегося числа

локомотивов в интервале пробега  $\Delta L$  определяется как [5, 6]

$$\omega' = \frac{\Delta N}{\sum_{i=1} L_i}, \quad (2)$$

где  $\Delta N$  – число отказов всех  $N$  электровазов в интервале  $\Delta L$ ;  $L_i$  – суммарный пробег совокупности электровазов.

Верхняя граница одностороннего интервала для параметра потока отказов:

$$\omega_{1-\beta} = \omega \cdot \frac{x_\gamma^2}{2 \cdot \Delta N}, \quad (3)$$

где  $x_\gamma^2$  – значение функции «хи-квадрат», распределение при доверительной вероятности  $\gamma$  и числе степеней свободы  $n-1$ .

Ошибка оценки параметров потока отказов

$$\varepsilon = \frac{\omega_{1-\beta} - \omega}{\omega} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где  $\omega_{1-\beta}$  – значение параметра потока отказов локомотивов, соответствующее верхней границе одностороннего доверительного интервала.

Условия для принятия решения о соответствии локомотивов установленному требованию по безотказности:

$$\omega_{1-\beta} \leq \omega_\beta \text{ и } \varepsilon \leq \varepsilon_3,$$

где  $\omega_\beta = \omega_{\text{ТУ}}$  – браковочное значение параметра потока отказов локомотивов согласно техническим условиям (ТУ);  $\varepsilon_3$  – ошибка оценки для принятия решения о соответствии локомотивов установленному требованию по безотказности.

Согласно РД 50-690–89 [9]:

ошибка оценки параметра  $\omega \leq \varepsilon_3 \leq 20\%$ ; (5)

доверительная вероятность  $\gamma = 0,8$ . (6)

До 2011 г. отечественные нормативные документы по терминологии в области надежности в технике и надежности тягового подвижного состава (ТПС) не содержали термина «готовность» [8, 9].

Согласно «Методическим положениям...» (2008) [5], готовность локомотивов, с учетом европейской практики, определяется как способность локомотива выполнять требуемую функцию в пределах заданного интервала времени (год, полугодие и др.) при условии обеспечения его требуемыми ресурсами (материалы, запасные части и др.). Количественно готовность локомотива в общем виде может быть определена через коэффициент готовности  $k_{\Gamma}$ :

$$k_{\Gamma} = \frac{T_{\text{pc}}}{(T_{\text{pc}} + T_{\text{nc}})}, \quad (7)$$

где  $T_{\text{pc}}$  – время пребывания локомотива в работоспособном состоянии;  $T_{\text{nc}}$  – время пребывания локомотива в неработоспособном состоянии;  $(T_{\text{pc}} + T_{\text{nc}})$  – фонд времени рассматриваемого периода.

Готовность локомотива характеризуется статистическими оценками значений трех коэффициентов: внутренней  $k_{\text{вп}}$ , технической  $k_{\text{тг}}$  и оперативной  $k_{\text{во}}$  (логистической) готовности. Если в бюджете времени  $(T_{\text{pc}} + T_{\text{nc}})$  слагаемое  $T_{\text{nc}}$  будет соответствовать времени простоя локомотива на плановых ремонтах, то  $k_{\Gamma} = k_{\text{вг}}$ ; если в слагаемое  $T_{\text{nc}}$  войдет время простоя в плановых

и неплановых ремонтах, то  $k_{\Gamma} = k_{\text{тг}}$ ; если к этому простоя прибавятся логистические задержки локомотивов, то  $k_{\Gamma} = k_{\text{во}}$ . Коэффициенты внутренней  $k_{\text{вг}}$  и технической готовности  $k_{\text{тг}}$  в соответствии с требованиями ОАО «РЖД» нормируются и указываются в технических условиях (ТУ) на локомотив. Например, для грузовых локомотивов 2ЭС4К, 2ЭС5К коэффициент внутренней готовности, согласно ТУ, установлен 0,97, коэффициент технической готовности  $k_{\text{тг}}$  для пассажирских электровозов (ЭП1, ЭП2К) не должен превышать 0,96. Используем исходные данные таблицы 1 для расчета показателей готовности.

Расчет произведен по выражениям (1)–(4) с учетом формул (5) и (6). Критерий  $\chi^2$  определен по приложению А в [5] по доверительной вероятности  $\gamma = 80\%$ . Результаты расчетов сведены в таблицу 2.

Сравним расчетные значения коэффициентов внутренней и технической готовности (таблица 2) с типичными показателями, установленными ТУ. Условия для принятия решения о соответствии локомотивов ЭП1 и 2ЭС4К установленному требованию готовности [5, 8, 10] выполняются, если

Таблица 1

Исходные данные для расчета показателей безотказности и готовности локомотивов\*

Параметр	ЭП1	2ЭС4К
Годовой фонд локомотива $T_{\text{ф}}$ , ч	132334	187133
Простой на плановых ремонтах $T_{\text{пл}}$ , ч	4589,2	2824,4
Средний простой одного локомотива на неплановом ремонте $T_{\text{нр}}$ , ч	247	2564
Количество эксплуатируемых локомотивов $M$ , ед.	83	41
Количество отказов $\Delta N$ (неплановые ремонты)	20	99
Суммарный пробег $L_i$ , млн км	2,519	1,859
Коэффициент внутренней готовности по ТУ, $K_{\text{вг}}^{\text{ТУ}}$	0,98	0,96
Коэффициент технической готовности по ТУ, $K_{\text{тг}}^{\text{ТУ}}$	0,97	0,95

\* Исходные данные предоставлены группой компании «Локомотивные технологии» ООО «ТМХ-Сервис», филиал «Северо-Кавказский».

Таблица 2

Расчетные значения показателей готовности и безотказности тягового подвижного состава в период эксплуатационной активности

Показатель	ЭП1	2ЭС4К
Суммарное время работы локомотива в работоспособном состоянии $T_{рс}$ , ч	127497,8	181744,6
Коэффициент внутренней готовности электровоза $k_{вг}$	0,998	0,986
Коэффициент технической готовности $k_{тг}$	0,963	0,97
Поток отказов электровозов в работе (внеплановые отказы), $\omega \cdot 10^{-6}$ , км <sup>-1</sup>	7,94	47,9
Верхняя граница доверительного интервала потока отказов $\omega_{1-\beta} \cdot 10^{-6}$ , км <sup>-1</sup>	9,82	52,67
Ошибка оценки параметра потока отказов, $\epsilon$ , %	23,7	10

$$K_{вг} \geq K_{вг}^{ТУ}; K_{тг} \geq K_{тг}^{ТУ}. \quad (8)$$

Расчетные значения коэффициентов внутренней и технической готовности пассажирского электровоза ЭП1 и грузового электровоза 2ЭС4К с аналогичными показателями, установленными (ТУ), представлены на рис.

Для электровоза ЭП1  $K_{вг} = 0,988$ ,  $K_{вг}^{ТУ} = 0,98$ ,  $K_{тг} = 0,96$ ,  $K_{тг}^{ТУ} = 0,96$ , для электровоза 2ЭС4К  $K_{вг} = 0,986$ ,  $K_{вг}^{ТУ} = 0,97$ ,  $K_{тг} = 0,97$ ,  $K_{тг}^{ТУ} = 0,95$ .

Для вынесения оценки соответствия подвижного состава по надежности достаточно выполнить условие (8). Однако локомотивы обязаны отвечать установленному требованию (определяется соответствием каждой совокупности подвижного состава согласно [5]).

Определим соответствие каждой совокупности пассажирского электровоза ЭП1 и грузового электровоза 2ЭС4К требованиям по безотказности. Три события соответствия:

полное соответствие

$$(\omega_{1-\beta} \leq \omega_{\beta}) \wedge (\omega \leq \omega_{\beta}) \wedge (\epsilon \leq \epsilon); \quad (9)$$

несоответствие

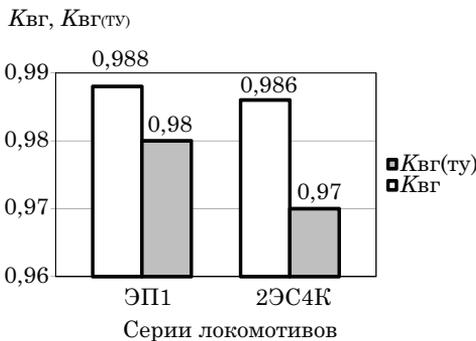
$$(\omega_{1-\beta} > \omega_{\beta}) \wedge (\omega > \omega_{\beta}) \wedge (\epsilon > \epsilon); \quad (10)$$

«ограниченное» несоответствие

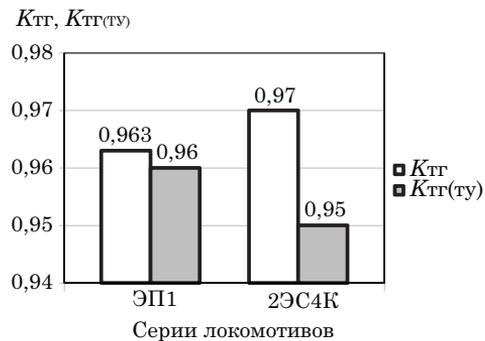
$$(\omega_{1-\beta} > \omega_{\beta}) \wedge (\omega \leq \omega_{\beta}) \wedge (\epsilon > \epsilon), \quad (11)$$

где  $\wedge$  читается как «И»;  $\omega_{\beta}$  – параметр потока отказов согласно ТУ;  $\omega_{\beta} = 10 \cdot 10^{-6}$  км (ЭП1);  $\omega_{\beta} = 11 \cdot 10^{-6}$  км (2ЭС4К).

а)



б)



Расчетные значения коэффициентов внутренней (а) и технической готовности (б) локомотивов ЭП1 и 2ЭС4К с типичными показателями, установленными ТУ

Воспользуемся данными таблицы 2 и по каждой совокупности электровозов в соответствии с неравенствами (8)–(11) определим соответствие требований по безотказности.

Для совокупности электровозов ЭП1:  
 $(9,82 < 10)^{-6} \wedge (7,94 < 10) \cdot 10^{-6} \wedge (23,7 > 20)$ .

Для совокупности электровозов 2ЭС4К:

$(52,67 > 11)^{-6} \wedge (47,9 > 11) \cdot 10^{-6} \wedge (23,7 < 20)$ .

Таким образом, определение соответствия каждой совокупности пассажирского электровоза ЭП1 и грузового электровоза 2ЭС4К требованиям по безотказности согласно неравенствам (8)–(11) показали, что совокупность локомотива 2ЭС4К за рассматриваемый пробег полностью не соответствует требованию по безотказности. Для уточнения этого события необходимо увеличить интервал пробега локомотивов и повторить процедуру определения соответствия требованиям по безотказности, а также разработать и внедрить мероприятия по повышению надежности рассматриваемой совокупности электровозов 2ЭС4К. Совокупность электровозов ЭП1 соответствует требованиям безотказности, но значение ошибки  $\epsilon$  выше 20%. Это значит, что значение функции «хи-квадрат» распределения при доверительной вероятности не 80%, а 76,3%. В этом случае, как рекомендует источник [5], требуется увеличение пробега  $L$  локомотивов. И тогда может быть уточнена ошибка оценки параметра потока отказов  $\epsilon$ . На безотказность электровозов 2ЭС4К количество неплановых ремонтов повлияло существенным образом – увеличился поток отказов, поэтому значение верхней границы одностороннего интервала  $\omega_{1-\beta}$  оказалось выше браковочного значения параметра потока отказов  $\omega_{\text{ТУ}}$ . Наиболее информативен коэффициент технической

готовности  $K_{\text{ТГ}}$ , который характеризует такие свойства надежности электровозов ЭП1 и 2ЭС4К, как безотказность и ремонтпригодность. Эти характеристики могут быть повышены сокращением времени простоя до, во время и после обслуживаний и ремонтов, повышения квалификации эксплуатационного и ремонтного персонала, насыщения локомотивного хозяйства современным оборудованием, приборами и технологиями, повышением роли транспортной науки и др.

Учитывая важность исследования и расчета безотказности электровозов, а также отсутствие универсального метода оценки работы сервисных локомотивов в депо по обеспечению требуемой безотказности, приведена последовательность оценки безотказности и готовности локомотивов в период их нормальной эксплуатации.

В результате сравнения расчетных значений коэффициентов внутренней и технической готовности (для электровоза ЭП1  $K_{\text{ВГ}} = 0,988$ ,  $K_{\text{ТГ}} = 0,963$ ; для электровоза 2ЭС4К  $K_{\text{ВГ}} = 0,986$ ,  $K_{\text{ТГ}} = 0,97$ ) с аналогичными показателями, установленными техническими условиями (ЭП1 соответствует  $K_{\text{ВГ}}^{\text{ТУ}} = 0,98$ ,  $K_{\text{ТГ}}^{\text{ТУ}} = 0,96$ ; 2ЭС4К соответствует  $K_{\text{ВГ}}^{\text{ТУ}} = 0,97$ ,  $K_{\text{ТГ}}^{\text{ТУ}} = 0,95$ ) определено, что исследуемые локомотивы соответствуют установленным требованиям готовности.

В результате определения соответствия каждой совокупности локомотивов ЭП1 и 2ЭС4К требованиям по безотказности необходимо увеличить интервал пробега локомотивов и повторить процедуру определения соответствия требованиям по безотказности.

Метод оценки безотказности и готовности локомотивов в период их нормальной эксплуатации позволяет выявить существующие недостатки при эксплуатации подвижного состава и сформировать мероприятия по повышению качества эксплуатации подвижного состава. ■

**Литература**

1. Тептиков Н.Р., Резниченко А.А., Губарев П.В., Глазунов Д.В. Математические методы принятия решений в системах диагностики и управления на тяговом подвижном составе // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2018. № 1. С. 13–15. ISSN 0202-3350.
2. Губарев П.В., Глазунов Д.В., Мишихина Е.С. Анализ системы ремонта и диагностики локомотивов по фактическому состоянию / Труды Международн. научн.-практ. конф. «Транспорт-2013», г. Ростов-на-Дону. – Ростов-на-Дону : ФГБОУ ВПО РГУПС. 2013. С. 143–144.
3. Бабков Ю.В., Перминов В.А., Белова Е.Е. и др. Гарантийные локомотивы – упущенная готовность // Локомотив. 2013. №5. С. 34–35. ISSN 0869-8147.
4. Четвергов В.А. Надежность локомотивов / В.А. Четвергов, А.Д. Пузанков. – М. : Маршрут, 2003. 415 с. ISBN 5-89035-083-8.
5. Приложение к распоряжению ОАО «РЖД» от 12.11.2008 г. № 2367р : методические положения для расчета показателей безотказности локомотивов по результатам их эксплуатации. М. : ОАО «РЖД», 2010. 48 с.
6. Горский А.В. Надежность электроподвижного состава / А.В. Горский, А. А. Воробьев. – М. : Маршрут, 2005. 303 с. ISBN 5-89035-170-2.
7. Гриценко А.В. Основы теории и практики надежности технических устройств / А.В. Гриценко, В.В. Стрекопытов. – СПб : Сударья. 2004. 272 с. ISBN 5-88718-050-1.
8. Пугачев В.С. Теория вероятностей и математической статистики. М. : Наука, 1979. 496 с.
9. РД50-690–89. Технические условия строительства локомотивов. Руководящий документ по стандартизации. Группа Т51 – Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным. М. : Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам. 1990. 136 с.
10. ГОСТ Р 56046–2014. Показатели использования локомотивов. Термины и определения. М. : Стандартиформ, 2015. 128 с.

**Literature**

1. Tepikov N.R., Reznichenko A.A., Gubarev P.V., Glazunov D.V. Mathematical methods of decision making in systems of diagnosis and control on a traction rolling stock [Matematicheskie metody prinyatiya resheniy v sistemah diagnostiki i upravleniya na tyagovom podvizhnym sostave] // Assembling in machine engineering, instrument engineering. 2018. №1. P. 13–15. ISSN 0202-3350.
2. Gubarev P.V., Glazunov D.V., Mischikhina E.S. Analysis of repair and diagnosis of locomotives by real situation [Analiz sistemy remonta i diagnostiki lokomotivov po fakticheskomu sostoyaniyu] / Works of International scien. and pract. conf. «Transport-2013», Rostov-on-Don. – Rostov-on-Don : FSBEI HPO RSRU. 2013. P. 143–144.
3. Babkov Yu.V., Perminov V.A., Belova E.E. et al. Warranted locomotives – unseized readiness [Garantiynye lokomotivy – upushchennaya gotovnost'] // Locomotive. 2013. № 5. P. 34–35. ISSN 0869-8147.
4. Chetvergov V.A. Reliability of locomotives [Nadezhnost' lokomotivov] / V.A. Chetvergov, A.D. Puzankov. – M. : Route, 2003. 415 p. ISBN 5-89035-083-8.
5. Attachment to JSCo «RZD» order as of 12.11.2008 № 2367p: methodical provisions for evaluation of locomotive fail – safety depending on results of their exploitation. [Prilozhenie k rasporyazheniyu ОАО «RZHD» ot 12.11.2008 g. № 2367r : metodicheskie polozheniya dlya rascheta pokazateley bezotkaznosti lokomotivov po rezul'tatam ih ekspluatatsii] M. : JSCo «RZD», 2010, 48 p.
6. Gorsky A.V. Electric rolling stock reliability [Nadezhnost' elektropodvizhnogo sostava] / A.V. Gorsky, A.A. Vorobyov. – M. : Route, 2005, 303 p. ISBN 5-89035-170-2.
7. Gritsenko A.V. Basics of technical equipment reliability theory and practice [Osny teoriy i praktiki nadezhnosti tekhnicheskikh ustroystv] / A.V. Gritsenko, V.V. Strekopytov. – SPb : Madame. 2004. 272 p. ISBN 5-88718-050-1.
8. Pugachev V.S. Theory of probabilities and mathematical statistics. [Teoriya veroyatnostey i matematicheskoy statistiki] M. : Science, 1979. 496 p.
9. РД50-690–89. Technical conditions of construction of locomotives. Standardization regulatory document. Group Т51 – Fail-safety in technology. Methods of evaluation of fail-safety by experimental data. [RD50-690–89. Tekhnicheskie usloviya stroitel'stva lokomotivov.

- Rukovodyashchiy dokument po standartizatsii. Gruppy T51 – Nadezhnost' v tekhnike. Metody otsenki pokazateley nadezhnosti po eksperimental'nym dannym] M. : USSR state committee for quality control over products and standards. 1990. 136 p.
10. GOST P 56046–2014. Locomotive usage pertinent data. Terms and definitions. [Pokazateli ispol'zovaniya lokomotivov. Terminy i opredeleniya] M. : Standardinform, 2015. 128 p.

*Статья сдана в редакцию 13 июля 2018 года*

---

*V.O. Kolmakov*

## Повышение электромагнитной совместимости объектов инфраструктуры железных дорог

---

UDC 621.311

*V.O. Kolmakov*

## Improving electromagnetic compatibility of the railroads infrastructure facilities

---

### Аннотация

Статья посвящена исследованию наиболее эффективной схемы фильтрокомпенсирующего устройства на основе пассивных элементов. Так как сопротивление систем освещения железнодорожных объектов неизменно по составу и величине на длительных интервалах времени, то и спектр высших гармоник в них постоянный. Для снижения высших гармоник и повышения коэффициента мощности сети при нелинейном статическом сопротивлении нагрузки целесообразно применение ФКУ на основе пассивных фильтров гармоник (ПФГ) лучевой структуры.

ФКУ на основе ПФГ является последовательный колебательный контур, настроенный на частоту определенной гармоники. Кроме того, последовательные колебательные контуры предполагают их использование в каждой фазе, в то время как питание осуществляется от 3-фазных трансформаторов. Принимая во внимание последнее обстоятельство, представляется наиболее целесообразным применение ФКУ по схеме «звезда» с четырьмя ответвлениями так называемых четырехлучевых фильтров.

Применение такой схемы ФКУ позволяет повысить энергетическую и экономическую эффективность сетей электроснабжения энергосберегающих электроприёмников с нелинейными вольт-амперными характеристиками.

**Ключевые слова:** качество электроэнергии, фильтрокомпенсирующее устройство, светотехника, частотно-зависимые звенья, гармоники.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-23-32

### Abstract

The article considers a research on the most effective scheme of the filter compensating device based on passive elements. As the resistance of the railway lighting systems is invariable in its structure and value during long time intervals, their range of higher harmonics also remains unvarying. To decrease the higher harmonics and increase the network power factor with the nonlinear static resistance load, application of filter compensating devices based on passive ray structured harmonic filters is highly expedient.

The main filter compensating device based on passive harmonic filters is the series oscillating circuit adjusted to the frequency of a certain harmonic. Besides, such series oscillating circuits are supposed to be applied in each phase while the power is supplied by three-phase transformers. In view of the latter, application of filter compensating devices according to the four branches «star» scheme, so-called four-beam filters, seems the most expedient.

Application of the scheme presented allows to increase the power and economic efficiency of the power networks of energy efficient equipment with nonlinear volt-ampere characteristics.

**Keywords:** the electric power quality, filter compensating device, lighting engineering, frequency-dependent links, harmonics.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-23-32

---

Статья рекомендована к публикации М.Н. Петровым д-ром техн. наук, профессором Сибирского государственного университета. E-mail: [mnp\\_kafaes@mail.ru](mailto:mnp_kafaes@mail.ru).

The article is recommended for publishing by M.N. Petrov, Doctor of technical science, Professor of Siberian state university. E-mail: [mnp\\_kafaes@mail.ru](mailto:mnp_kafaes@mail.ru).

**Виталий Олегович Колмаков**, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Системы обеспечения движения поездов» Красноярского института железнодорожного транспорта Иркутского государственного университета путей сообщения; г. Красноярск, Россия. E-mail: [kolmakovvo@yandex.ru](mailto:kolmakovvo@yandex.ru).

**Vitaliy Olegovich Kolmakov**, Candidate of technical science, Associate Professor; chair of Train movement support systems, Krasnoyarsk railway Institute of Irkutsk state university of railway transport; Krasnoyarsk, Russia. E-mail: [kolmakovvo@yandex.ru](mailto:kolmakovvo@yandex.ru).

Активное внедрение полупроводниковых систем освещения [1] с импульсными источниками электропитания, обладающими меньшими весогабаритными показателями и высокой экономичностью, привело к проблеме ЭМС питающей сети и потребителей.

Для оценки влияния светодиодных светильников на питающую сеть выбран промышленный объект «Мост 4100» (Красноярская железная дорога), оснащенный энергосберегающими лампами. Суммарная мощность группы светодиодных светильников – 7,3 кВА, включаются устройством ЯУО 9602 при наступлении ночи. Период измерения в летний период – 72 ч.

Перед включением светодиодов спектр частот тока представлял полный

набор четных и нечетных гармонических составляющих (рис. 1). Амплитуда нечетных гармоник тока по разным фазам достигала 60% амплитуды первой гармоники, спектр гармоник напряжения – до 2% амплитуды первой гармоники напряжения.

Кроме этого, появление высших гармоник объясняется тем, что питание систем СЦБ обеспечивается с применением ИВЭ; также высшие гармоники возникают в контактной сети при работе вентильно-импульсных преобразователей подвижного состава. После включения светодиодов спектр гармоник I значительно уменьшился и представляет исключительно нечетный ряд (рис. 2). Третья гармоника по трем фазам превышает 120% от

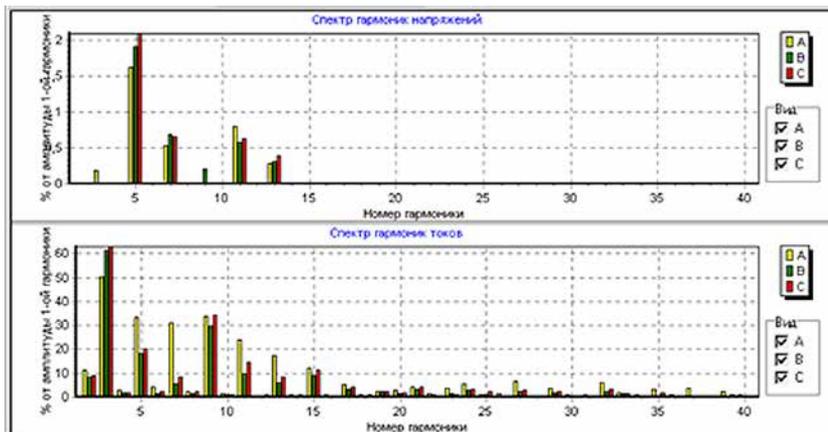


Рис. 1. Спектр частот тока перед включением светодиодов

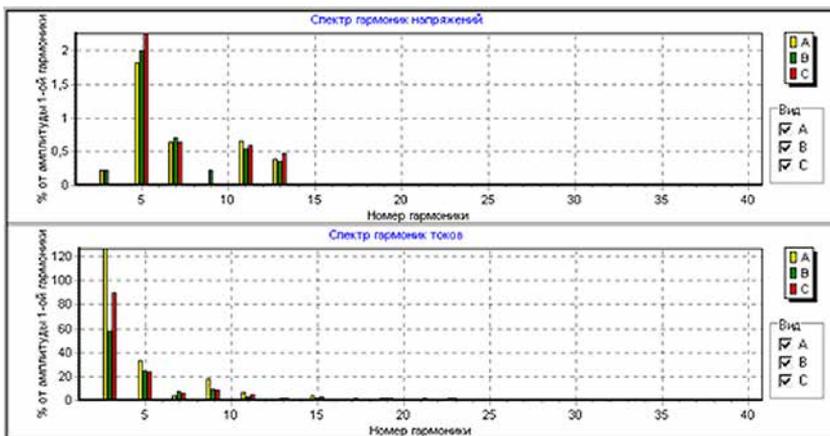


Рис. 2. Спектр гармоник I после включения светодиодов

амплитуды первой гармоники фазы А. Это объясняется тем, что ток нулевой последовательности увеличился относительно токов прямой и обратной последовательности, в связи с этим делаем вывод о недостаточных фильтрующих свойствах ИВЭ.

Анализ временной диаграммы позволяет заключить, что при включении светодиодных светильников существенно снижается коэффициент мощности питающей цепи, и эмиссия токов высокой частоты, генерируемых источниками вторичного электропитания, вызывает недопустимое искажение сетевого тока (рис. 3).

Нужно учитывать характер нагрузки при выборе типа фильтрующего

устройства (ФУ). Сопротивление нагрузки рассматриваемых сетей неизменно по величине на длительных интервалах времени и составу, а значит, спектр гармоник будет постоянным. Поэтому можно применять пассивные фильтры при таком режиме потребления ЭЭ.

Цель, обеспечивающая подавление или снижение гармоник, создаваемых нелинейными электроприемниками, представляет собой пассивный фильтр гармоник (ПФГ) [2, 3].

Колебательный контур, настроенный на частоту конкретной гармоники, – это основная конфигурация ПФГ (рис. 4). Поэтому применение пассивных фильтров однородной структуры оправдано для систем освещения. Традиционная

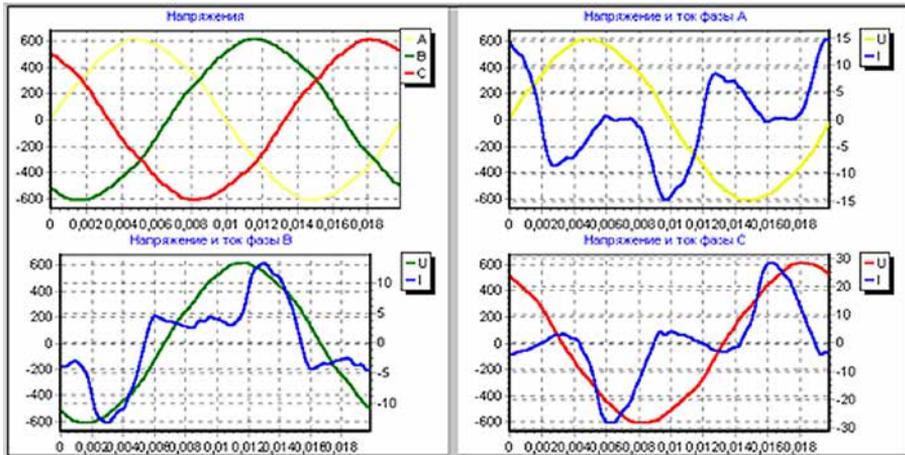


Рис. 3. Форма питающего тока

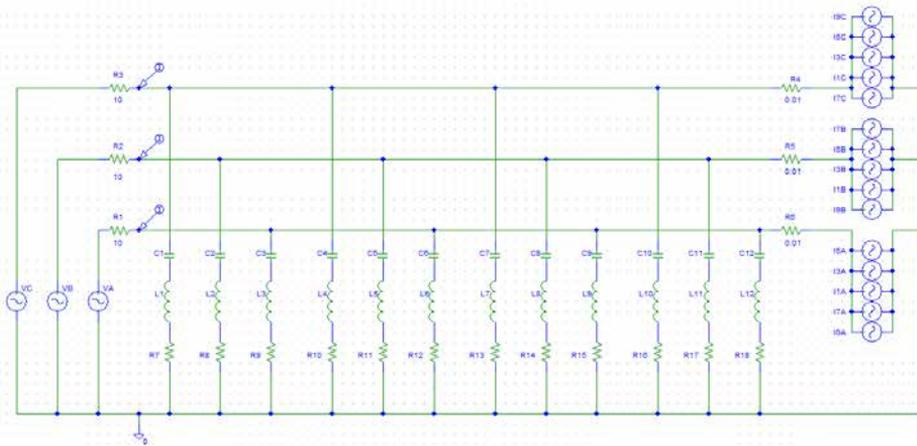


Рис. 4. Схема включения ФУ (традиционная)

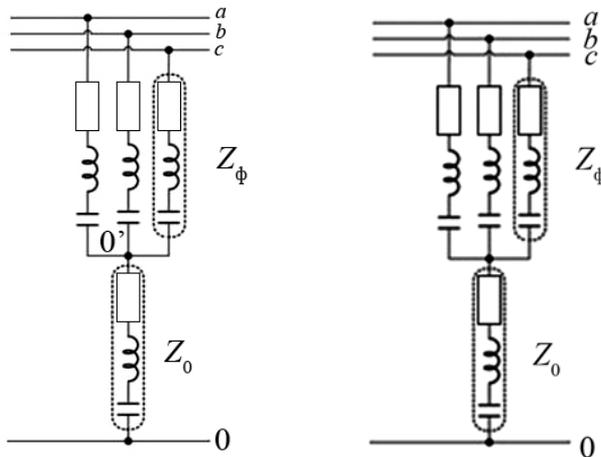


Рис. 5. «Четырехлучевая звезда»  $Z_\phi$  – сопротивление фильтра для гармоник прямой и обратной последовательности;  $Z_0$  – сопротивление для гармоник нулевой последовательности

схема включения ФКУ для спектра нечетных гармоник с третьей по девятую (3, 5, 7, 9), содержащего токи, представлена на рис. 4. В соответствии со спектром гармоник, фазы А, В и С содержат по четыре резонансных цепи, где каждая цепь настроена на отдельную гармонику.

Для уменьшения влияния гармоник и увеличения симметрирования сети, питающей осветительные электроприемники, перспективно использование в трехфазной сети фильтра, присоединенного по схеме «четырехлучевая звезда» (рис. 5), вместо традиционной схемы ФУ [4].

Рассматриваемая топология уменьшает количество LC-элементов (состоящих из емкости и индуктивности), образующих фильтр, и повышает эффективность сетей освещения в экономическом плане, так как снижает стоимость ФКУ. В традиционной схеме используются 12 LC-элементов (рис. 4).

Приведенная схема образует силовой фильтр с двумя резонансными частотами. Одна для гармоник I, образующих симметричные составляющие обратной последовательности и прямой последовательности, а вторая – для токов нулевой последовательности, что

обеспечивает сокращение количества LC-элементов (рис. 5). При реализации схемы применяются исключительно пассивные элементы. ЧХ четырехлучевого фильтра отображены на рис. 6. Сопротивления ветвей фильтра для гармоник с частотами  $f_0$  и  $f_{12}$  резко уменьшается.

Рассматриваемый фильтр имеет низкое сопротивление гармоникам прямой последовательности и нулевой последовательности и может использоваться в качестве ПФ, в то же время отводящего I прямой последовательности и обратной последовательности

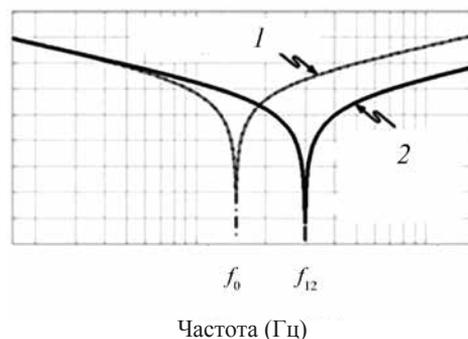


Рис. 6. Изменение модуля сопротивления 1 – сопротивление нулевой последовательности; 2 – сопротивление прямой и обратной последовательности

и I нулевой, что приводит к сокращению LC-элементов.

Приемлемо применение фильтров с разными вариантами сочетания LC-элементов на основе рассматриваемой структуры (см. рис. 5). На рис. 7 приведена схема, число свободных степеней для установки резонансных частот и коэффициента качества которой снижено для получения экономически выгодного и простого варианта фильтра с сохранением характеристик, позволяющих эффективно гасить гармоники.

Можно сделать вывод, что в системах освещения железнодорожных объектов целесообразным представляется использование четырехлучевого фильтра как более эффективного и экономичного за счет сокращения LC-элементов.

С помощью программы PSpice [5] смоделирована схема питания LED-светильников (рис. 8) [6] для анализа статических характеристик четырехлучевого фильтра на основе математического моделирования питающей сети и частотозависимых цепей [7].

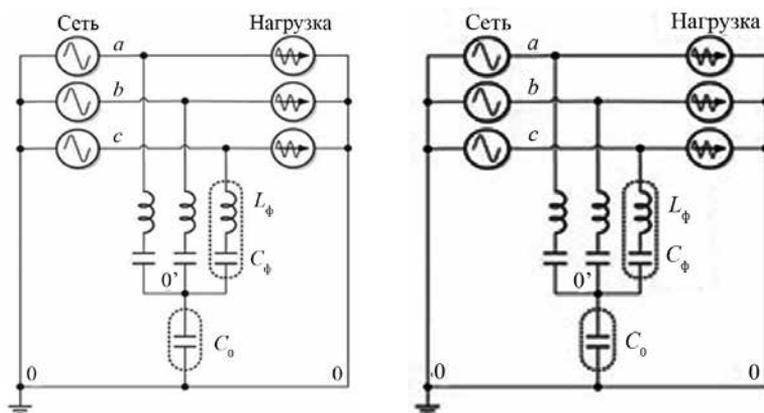


Рис. 7. Конфигурация четырехлучевого фильтра

$C_\phi$  – ёмкость фильтрующей ветви для гармоник прямой и обратной последовательности;  
 $L_\phi$  – индуктивность фильтрующей ветви для гармоник прямой и обратной последовательности;  
 $C_0$  – ёмкость фильтрующей ветви для гармоник нулевой последовательности

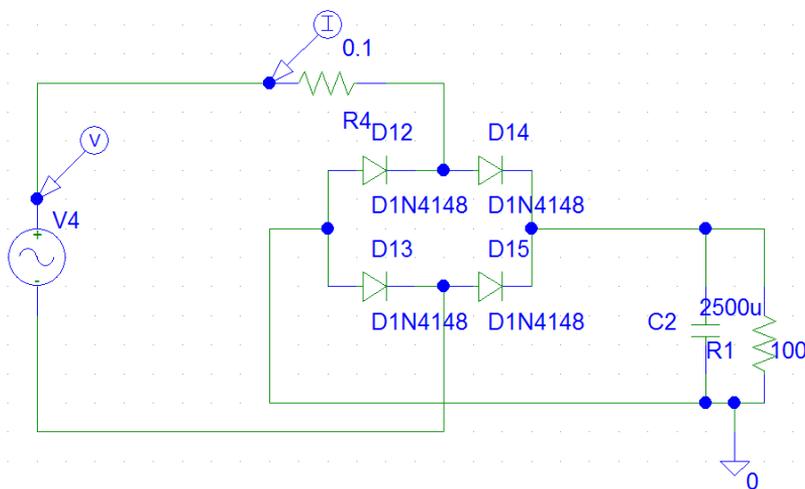


Рис. 8. Схема питания LED-нагрузки

Режим работы классического выпрямителя схемы питания LED электроприемника показывает импульсный характер потребляемого  $I$  тока. Форма виртуального  $I$  тока (рис. 9) близка к реальному  $I$  току (осциллограмма показана на рис. 10). Ток потребления ИВЭ носит импульсный характер и не соответствует синусоидальному характеру питающего напряжения. Это вызывает значительное снижение коэффициента мощности и появление высших гармонических составляющих (рис. 9, 10) [8, 9].

На рис. 11 представлен спектр гармоник, присутствующий в потреб-

ляемом токе реального светильника ПСУ40УАВ40 [6]. Как видно из рис. 11, гармонический ряд отражает мощность относительно первой гармоники. Осциллограмма спектра содержит 3, 5, 7 и 9 нечетных гармоник.

Генератор частот для фаз (А, В и С) с частотами и амплитудами, соответствующими номеру гармоники, представлен схемой сети (рис. 12), реализует моделирование трехфазными нелинейными электроприемниками с эмиссией гармоник частоты в питающую сеть. Схема сети, включающая трехфазный синусоидальный источник питания (VA, VB, VC), нелинейную нагрузку (I1-I9)

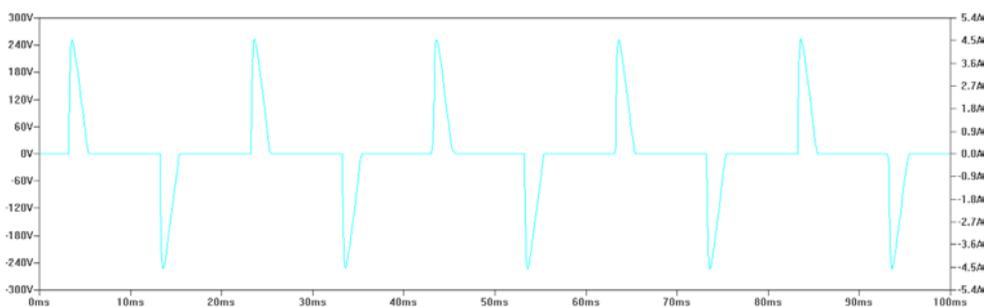


Рис. 9. Виртуальный ток потребления мостовым выпрямителем

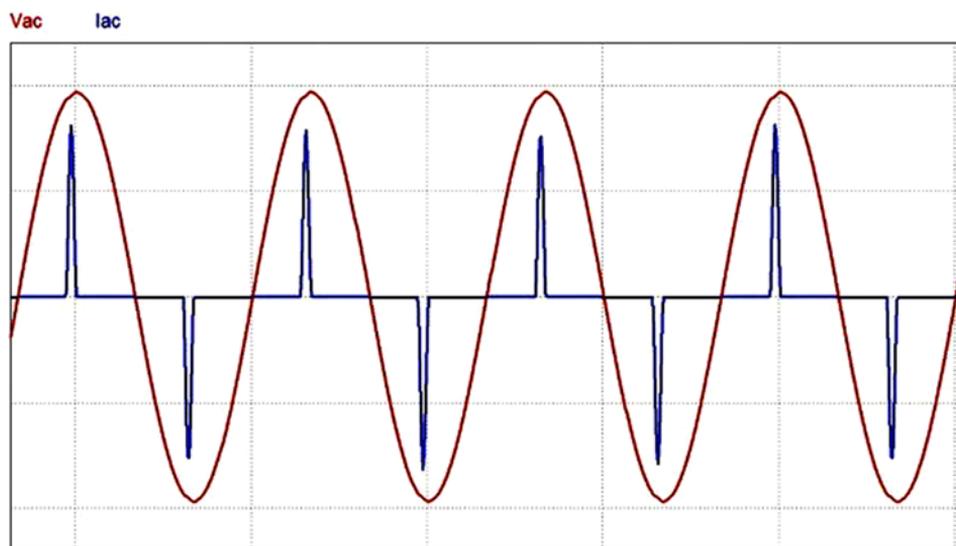


Рис. 10. Ток потребления LED светильником ПСУ-40-УА-В40

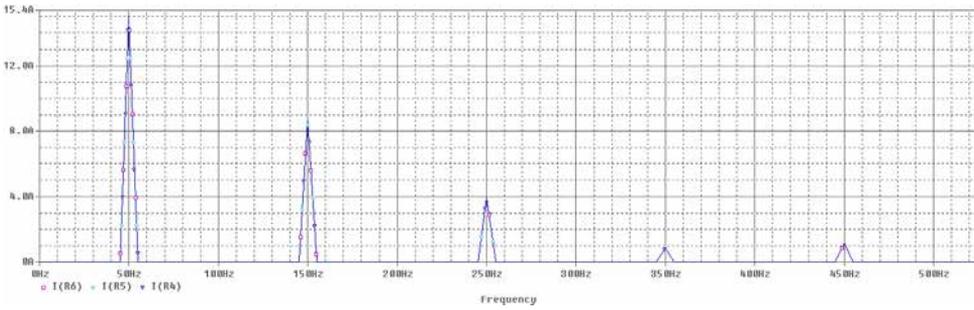


Рис. 11. Спектр гармоник в токе потребления LED-светильником

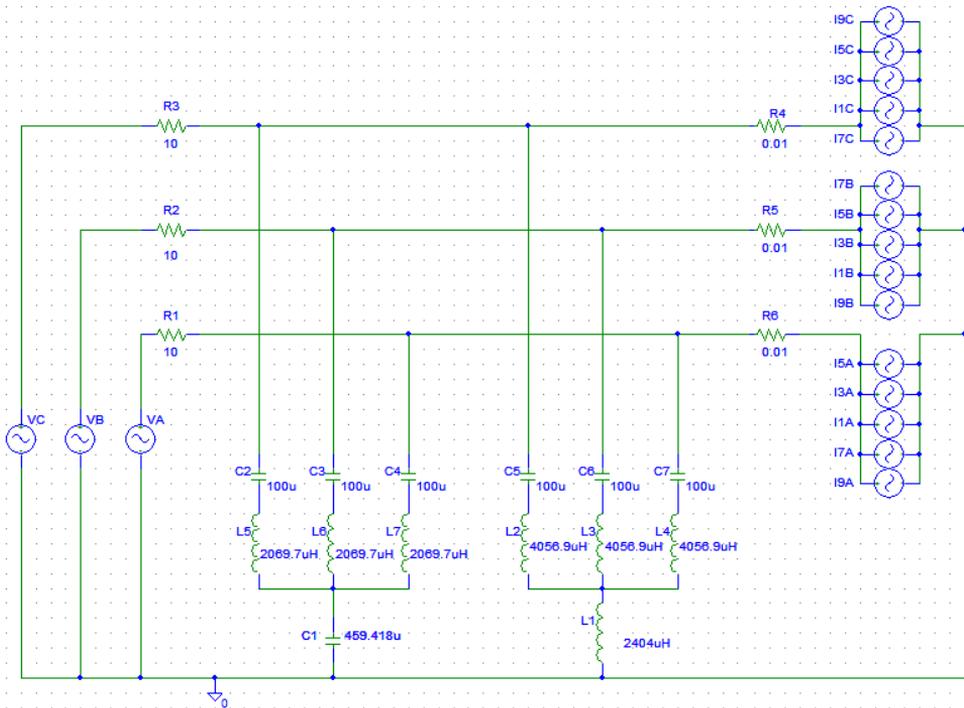


Рис. 12. Схема сети с частотными фильтрами и нелинейной нагрузкой

в каждой фазе и четырехлучевые частотные фильтры, содержащие L1-L7 и C1-C7 (всего 7 LC-элементов). Классическая схема в то же время содержит 12 таких элементов [10, 11].

АЧХ схемы по I и U, моделирующей трехфазный синусоидальный источник питания, сопротивление питающей сети, нелинейную нагрузку и четырехлучевые фильтры, представлен на рис. 13, а, б.

Таким образом, в трехфазных сетях с помощью четырехлучевого пассивного фильтра гармоник возможно эффективное подавление высших гармоник несинусоидальных напряжений и токов. Уровень фильтрации гармонических составляющих обеспечивает существенное снижение несинусоидальности питающего тока и, следовательно, улучшение качества электроснабжения, а также уменьшение

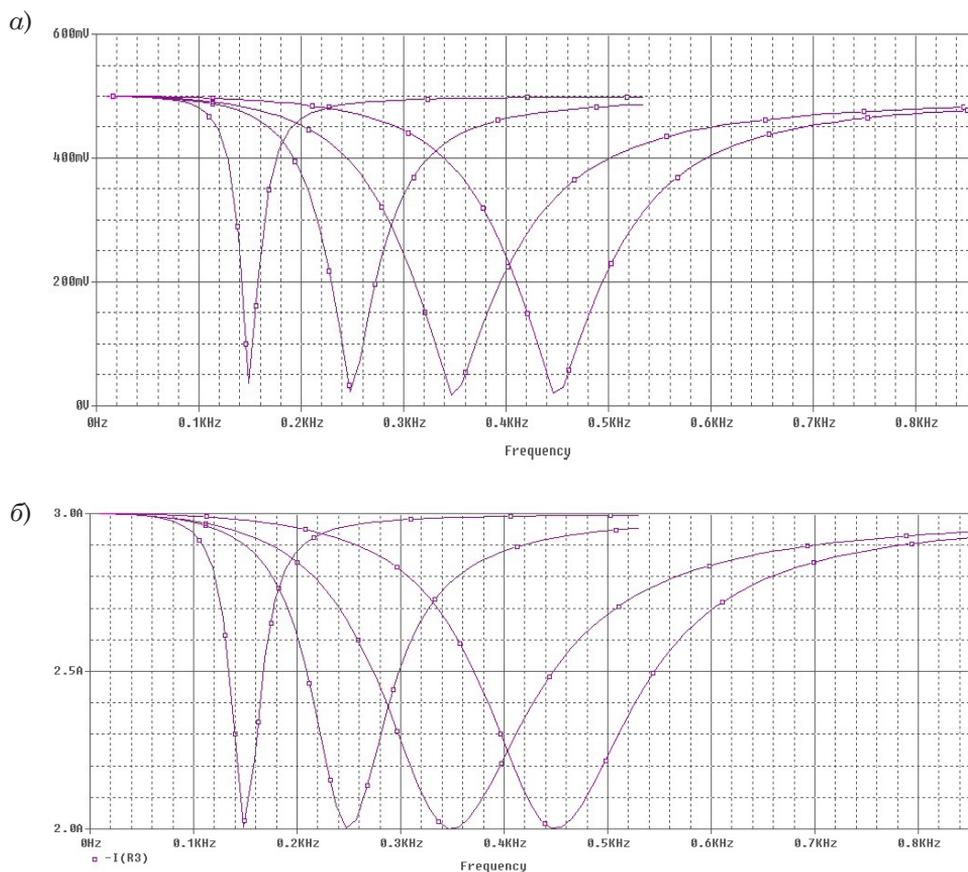


Рис. 13. Амплитудно-частотные характеристики питающей сети  
 а – амплитудно-частотные характеристики по напряжению;  
 б – амплитудно-частотные характеристики по току

потерь электроэнергии в ФКУ, снижение весогабаритных параметров фильтра и его стоимости [12, 13].

Итак, учитывая применение современных энергосберегающих светильников, обладающих нелинейными ВАХ, необходим поиск эффективных схемных решений ФКУ, минимально достаточных для обеспечения требуемых ПКЭ, в системах электроснабжения.

Для статичного нелинейного сопротивления характерен неизменный спектральный состав высших гармоник  $I$  постоянной мощности, соизмеримых с мощностью основной гармоники.

Снижение влияния высших гармоник, генерируемых нелинейными

электроприемниками, можно применять с частотозависимыми цепями со статичным сопротивлением.

Для реализации необходимой амплитудно-частотной характеристики и оптимизации схемы полосового фильтра в цепи нелинейных LED-электроприемников выгодно применение в трехфазной сети ПФ по схеме четырехлучевой звезды, улучшающей симметрирование нагрузки.

Частотные четырехлучевые фильтры обеспечивают необходимое качество фильтрации гармоник и содержат меньше LC-элементов. ■

**Литература**

1. Григорьев О., Петухов В., Соколов В., Красилов И. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ. URL: [www.tesla.ru/publications/files/025.pdf](http://www.tesla.ru/publications/files/025.pdf) (дата обращения: 13.05.2018).
2. Буре А. Б., Мосичева И. А. Компенсация реактивной мощности и выбор фильтрующих устройств в сетях промышленных предприятий : учеб. пособие. – М. : МЭИ, 2004. 28 с. ISBN 5-7046-1146-X.
3. Das J. Passive filters – potentialities and limitations. IEEE transactions on Industry applications, Vol. 40, No. 1, January/February 2004. Pp. 232–241.
4. Current Harmonics Cancellation in Three-Phase Four-Wire Systems by Using a Four-Branch Star Filtering Topology // IEEE transactions on Power ELECTRONICS. 2009. Vol. 24. № 8. P. 1939–1950.
5. Хайнеман Р. PSPICE. Моделирование работы электронных схем. М., 2005. URL: <http://mirknig.com> (дата обращения: 11.05.2018).
6. IPS. Компания Интас повер системз. URL: [www.intas-electro.ru](http://www.intas-electro.ru) (дата обращения: 13.05.2018).
7. Колмаков В. О., Пантелеев В. И. Качество электрической энергии в системах электроснабжения со светодиодными светильниками // Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований : м-лы V Междунар. науч.-практ. конф. (г. Порт Чарльстон, США, 22–23 декабря 2014 г.). – 2015. С. 144–149.
8. Das J. C. Power System Analysis-Short-circuit. Load Flow and Harmonics. New York : Marcel Dekker, 2002. P. 1–844. ISBN 0-8247-0737-0.
9. Gonzalez D. A., McCall J. C. Design of filters to reduce harmonic distortion in industrial power systems // IEEE Trans. Ind. Applicat. 1987. Vol. IA-23. P. 504–512.
10. Волков Л. Т., Новоселов Н. А. Новая методика расчета коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения в сетях с дуговыми сталеплавильными печами // Промышленная энергетика. 2009. № 1. С. 45–49. ISSN 0033-1155.
11. ГОСТ Р 54149–2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения ; введ. 2013–01–01. М. : Стандартинформ, 2012. С. 1–16.
12. Кунгс Я. А., Паникаев Р. А., Цугленок Н. В. Светодиодное освещение технологических и жилых помещений агропромышленного комплекса. Красноярск, 2010. С. 1–144. ISBN 978-5-94617-198-4.
13. Колмаков В.О. Схемотехническое обеспечение качества электрической энергии в сетях с нелинейными электроприемниками массового применения : дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Красноярск, 2014. 129 с.

**Literature**

1. Grigoriev O., Petukhov V., Sokolov V., Krasilov I. Ultraharmonics in power grids 0,4 kV. [Vysshie garmoniki v setyah elektrosnabzheniya 0,4 kV] URL: [www.tesla.ru/publications/files/025.pdf](http://www.tesla.ru/publications/files/025.pdf) (reference date: 13.05.2018).
2. Bouret A.B., Mosicheva I.A. Compensation of reactive power and choice of filtering devices in industrial enterprises: [Kompensatsiya reaktivnoy moshchnosti i vybor fil'truyushchih ustroystv v setyah promyshlennyh predpriyatij]: workbook. – M. : MEI, 2004. 28 p. ISBN 5-7046-1146-X.
3. Das J. Passive filters – potentialities and limitations. IEEE transactions on Industry applications, Vol. 40, № 1, January/February 2004. Pp. 232–241.
4. Current Harmonics Cancellation in Three-Phase Four-Wire Systems by Using a Four-Branch Star Filtering Topology // IEEE transactions on Power ELECTRONICS. 2009. Vol. 24. № 8. P. 1939–1950.
5. Heineman P. PSPICE. Simulation of electronic circuits operation. [Modelirovanie raboty elektronnyh skhem] M.: 2005. URL: <http://mirknig.com> (reference date: 11.05.2018).
6. IPS. Intas power systems company. [IPS.Kompaniya Intas pover sistemz] URL: [www.intas-electro.ru](http://www.intas-electro.ru) (reference date: 13.05.2018).
7. Kolmakov V.O., Panteleyev V.I. Quality of electrical power in power systems with photodiode lamps // Challenging trends of fundamental and applied research: [Kachestvo elektricheskoy energii v sistemah elektrosnabzheniya so svetodiodnymi svetil'nikami //

- Aktual'nye napravleniya fundamental'nyh i prikladnyh issledovaniy]: V International scientific and practical conf. materials. (North Charlston, USA, 22-23 December, 2014). – 2015. P. 144–149.
8. Das J. C. Power System Analysis-Short-circuit. Load Flow and Harmonics. New York : Marcel Dekker, 2002. P. 1–844. ISBN 0-8247-0737-0.
  9. Gonzalez D. A., McCall J. C. Design of filters to reduce harmonic distortion in industrial power systems // IEEE Trans. Ind. Applicat. 1987. Vol. IA-23. P. 504–512.
  10. Volkov L.T., Novoselov N.A. New methods of calculation of excessive voltage waveform distortion coefficient in grids with arc furnace plants // Energy industry. [Novaya metodika rascheta koeffitsienta iskazheniya sinusoidal'nosti krivoy napryazheniya v setyah s dugovymi staleplavil'nymi pechami // Promyshlennaya energetika.] 2009. № 1. P. 45–49. ISSN 0033-1155.
  11. GOST P 54149–2010. Electrical energy. Electromagnetic compatibility of technical devices. Quality standard of electrical power in general purpose power supply systems; [Elektricheskaya energiya. Sovmestimost' tekhnicheskikh sredstv elektromagnitnaya. Normy kachestva elektricheskoy energii v sistemah elektroснабzheniya obshchego naznacheniya] intro. 2013-01-01. M.: Standardinform, 2012. P. 1–16.
  12. Kunghe Ya.A., Panikeyev R.A., Tsuglenock N.V. Photodiode lighting of technological and housing facilities of industrial agriculture. [Svetodiodnoe osveshchenie tekhnologicheskikh i zhilyh pomeshcheniy agropromyshlennogo kompleksa] Krasnoyarsk, 2010. P. 1–144. ISBN 978-5-94617-198-4.
  13. Kolmakov V.O. Circuit quality securing of electrical power in grids with non-linear mass-purpose electrical receivers: [Skhemotekhnicheskoe obespechenie kachestva elektricheskoy energii v setyah s nelineynymi elektropriemnikami massovogo primeneniya]: extended abstract of Candidate's (Eng.) dissertation. – Krasnoyarsk, 2014. 129 p.

*Статья сдана в редакцию 3 июля 2018 года*

К. И. Корниенко

## Исследование влияния изменения профиля пути сортировочного парка на качество его заполнения при расформировании составов

K. I. Korniyenko

## Studying the impact of changes in the sorting yard track profile on its filling while trains splitting

### Аннотация

Развитие железнодорожной инфраструктуры возможно без развития сортировочных комплексов. Но вопросы, связанные с сортировочным парком, изучены недостаточно. Для исследования влияния изменения профиля пути сортировочного парка на качество его изменения были проанализированы четыре типа профиля: три реальных профиля одной из сортировочных станций, имеющие отклонения от нормативных значений, и нормативный профиль. Все пути рассматривались в пределах от изолирующих стыков у парковой тормозной позиции и до изолирующих стыков в выходной горловине. Исследование выполнялось на разработанной имитационной модели заполнения пути сортировочного парка, учитывающей движение вагонов назад после остановки, погрешность аппаратуры контроля местонахождения вагонов и скорости отцепы и проталкивание вагонов при соударении с ними следующего отцепы. Моделирование производилось при одинаковых вагонопотоке, отцепопотоке и погодных условий. В качестве параметров оценки качества заполнения пути были выбраны среднее количество осаживаний, необходимых для накопления одного поезда, и среднее количество вагонов на пути при осаживании. В статье рассмотрены результаты эксперимента, полученные при первом накоплении вагонов на путь до первого осаживания (кривые распределения количества вагонов) и средние данные полученные по результатам накопления поездов необходимой длины.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, сортировочный парк, сортировочная горка, качество заполнения путей, реверсное движение.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-33-42

### Abstract

Development of the railway infrastructure is impossible without development of sorting complexes. But the issues connected to the sorting yard are still understudied.

To investigate the impact of changes in the sorting yard track profile on its filling four profile types were analyzed: three existing sorting yard track profiles characterized with divergences from the standard values and a standard track profile. All the tracks were investigated from the block joints at the yard retarded position to the block joints in the sorting yard outlet. The research was carried out on a simulated track filling model of the sorting yard considering the cars backward running, the imprecision of the equipment controlling location of car sets and their speed, and pushing caused by the succeeding car sets. Modeling was executed at constant traffic volume and weather conditions. As the assessment parameters for the track filling the average amount of backups necessary for one train integration and the average amount of cars in the track were selected. The article considers the experiment results obtained at the first cars integration up to the first backup (the curves of the cars amount distribution) and the averages obtained by the results of integration of desirably long trains.

**Keywords:** simulating modeling, sorting yard, gravity hump, track filling, reverse movement.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-33-42

*Статья рекомендована к публикации С.А. Бессоненко, д-ром техн. наук, профессором Сибирского государственного университета путей сообщения. E-mail: bessonenko@stu.ru.*

*The article is recommended for publishing by S.A. Bessonenko, Doctor of technical science, Professor, Siberian state university of railway transport. E-mail: bessonenko@stu.ru.*

**Константин Ильич Корниенко**, инженер; преподаватель кафедры «Управление эксплуатационной работой» Сибирского государственного университета путей сообщения; г. Новосибирск, Россия. E-mail: kkonstantini@mail.ru.

**Konstantin Ilyich Korniyenko**, Engineer; Lecturer of the chair «Operational Management». E-mail: kkonstantini@mail.ru., Siberian state university of railway transport; Novosibirsk, Russia. E-mail: kkonstantini@mail.ru.

Исследование выполнено при поддержке правительства Новосибирской области.

The study has been conducted with support from Novosibirsk region government.

Сокращение времени на доставку грузов невозможно без хорошей логистики, которая, в свою очередь, очень сильно зависит от качественного подбора вагонов по назначению [1]. Одно из основных устройств, применяемых в России для сортировки вагонов, – сортировочные горки различной мощности [2].

Сортировочные горки проектируют согласно [3]. В России, как и в других странах [4, 5], расчет ведется только до расчетной точки, находящейся в 50 м от последней разделительной стрелки, то есть при проектировании не учитывается сортировочный парк. Совершенствованию расчетов горба и спускной части горки посвящено множество работ [6–10].

Проблемы качества заполнения путей рассматривались в [11]. Здесь автор акцентировал внимание на влияние высоты и конструкции сортировочной горки на качество заполнения путей. В результате проведенных исследований получена закономерность уменьшения количества осаживаний при увеличении высоты горки.

На качество заполнения путей, кроме продольного профиля, влияют вагонные замедлители. Способы регулирования скорости движения отцепа в сортировочном парке рассмотрены в [12]. На основе имитационной модели движения отцепа делается вывод, что применение балочных вагонных замедлителей служит одним из самых эффективных способов снижения скорости. Также автор указывает, что в случае невысокой точности вместе с балочным нужно применять точечные вагонные замедлители, которые необходимо располагать на путях сортировочного парка. В работах [13, 14] указывается на необходимость внедрения новых технологий, которые позволяют увеличить качество заполнения путей. В статье [15] говорится, что неправильная настройка вагонных замедлителей также снижает качество заполнения путей.

Все эти исследования посвящены в большей мере инфраструктуре

и спускной части. При этом до сих пор остается открытым вопрос о влиянии самого профиля пути на качество его заполнения. Данный вопрос остается основополагающим при решении задач, связанных с определением эффективности выправки профиля.

Для исследования использовалась имитационная модель заполнения пути [16–20], учитывающая возможность трогания отцепа с места после остановки, погрешность работы устройств контроля скорости выпуска отцепа на путь и работы замедлителя, возможность трогания вагонов при соударении с ними следующего отцепа. Расчет скорости отцепов проверялся сравнением с реальной скоростью движения; шаг моделирования при расчете скорости движения 1 м [20]. Вагонпоток и отцепопоток задавались случайным распределением. Температура наружного воздуха, скорость и направление ветра – с учетом поправки на ось пути. Для первого отцепа на путь точкой прицеливания были тормозные башмаки в 50 м от изолирующего стыка выходной горловины. Скорость выхода этого отцепа рассчитывалась при условии, что при подходе к тормозным башмакам скорость равна нулю. Для остальных отцепов точка прицеливания задавалась согласно местонахождению последней колесной пары стоящих на путях вагонов с учетом погрешности аппаратуры, определяющей данное местоположение. Скорость соударения отцепов принималась равной 0,75 м/с, скорость выхода рассчитывалась относительно скорости соударения. Осаживание производилось в том случае, если от парковой тормозной позиции до впередистоящего вагона менее 14 м. В ходе проведения эксперимента были отцепы, которые приходилось останавливать на парковой тормозной позиции. После появления такого отцепа также происходило осаживание.

Пути рассматривались в пределах от изолирующих стыков у парковой тормозной позиции, до изолирующих стыков

в конце пути, съемка профиля осуществлялась через каждые 50 м.

Приведено исследование четырех путей, три из них – реальные пути сортировочного парка одной из станций, а также путь длиной 989 м [3] с нормативным профилем. Значения и длины уклонов для путей 1 и 2 представлены

в таблице 1, для пути 3 – в [18]. На рис. 1 представлены профили всех четырех путей. Отцепопоток и вагонопоток для каждого пути задавались одинаковыми. Направление и скорость ветра соответствуют погодным условиям Новосибирской области.

Таблица 1  
Значения и длины уклонов профилей путей 1 и 2

Номер участка	Длина, м	Уклон, ‰	
		путь 1	путь 2
1	$\frac{7}{8}$	3,5	-1
2	20	2,5	0,5
3	20	3	0,5
4	20	-1,5	1
5	50	0,2	1
6	50	-0,4	1
7	50	0,6	0,2
8	50	-0,6	0,8
9	50	1,8	0,2
10	50	-0,4	0,8
11	50	1	0,6
12	50	-1,4	0,6
13	50	0,2	-1
14	50	-0,6	-1,6
15	50	-0,8	0,8
16	50	-0,8	-0,6
17	50	-1,2	-0,4
18	50	-1,6	-1,2
19	50	-2,8	-2,8
20	50	-1,2	-2,4
21	$\frac{50}{41}$	-1	-1,4
22	$\frac{50}{0}$	-1	
23	$\frac{22}{0}$	-0,6	

Примечание: в таблице во втором столбце в числителе – это значения для первого профиля, в знаменателе – для второго. Одно число означает, что длина участка одинакова для обоих путей.

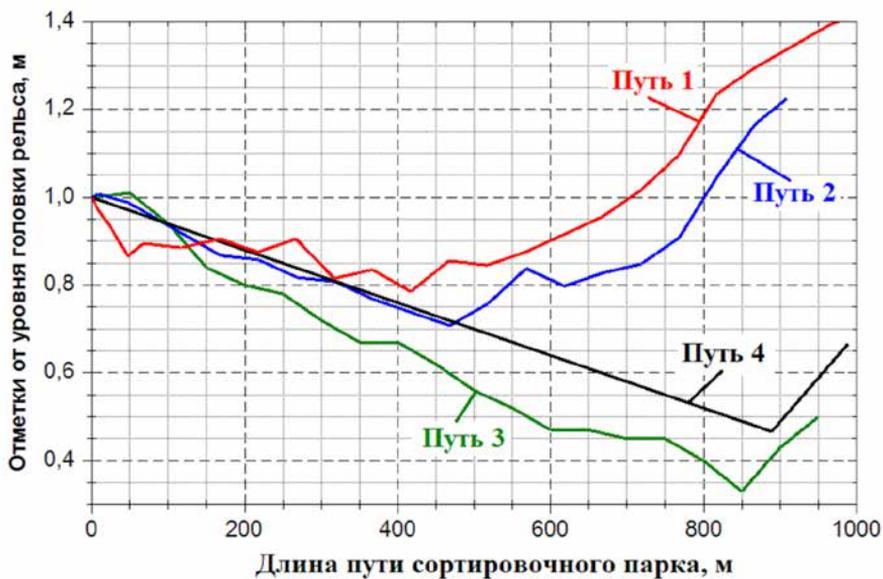


Рис. 1. Профили путей

### Критерии качества заполнения путей

Под качеством заполнения путей понимают два параметра: соударение отцепов с допустимой скоростью и минимизацию «окон» между отцепами.

При соударении вагонов большая часть энергии гасится на автосцепке [21]. Современные типы автосцепок могут выдерживать соударения до 10–15 км/ч. Вероятность повреждения кузова вагона можно рассматривать как вероятность того, что автосцепка из-за ее внутренних дефектов не сможет погасить удар. Такие случаи единичны, и нами не рассматриваются. Второе возможное последствие соударения вагонов с повышенной скоростью – коммерческий брак (в основном, сдвиг грузов из-за соударения). И тут возникают вопросы, связанные с креплением груза. Их решению посвящено много трудов [22–25].

Итак, соударение с допустимой скоростью хоть и можно рассматривать как критерий качества заполнения путей, но в большей степени он является абстрактным, и его очень трудно преобразовать в качественную оценку.

Допустимость недоката показывает, насколько вероятно, что тот или иной отцеп не докатится до впередистоящих вагонов, т.е. образуется «окно». Такая вероятность также является абстрактным параметром и не говорит о высоком или низком качестве заполнения пути. Для качественной оценки качества заполнения пути можно воспользоваться формулами из [26], где приводится коэффициент качества заполнения путей сортировочного парка, рассчитываемый после каждого роспуска:

$$K_{\text{зап}}^i = \frac{N_{\text{ваг}}^i \cdot L_{\text{ваг}}}{L_{\text{своб}}^i - L_{\text{кзп}}^i}, \quad (1)$$

где  $N_{\text{ваг}}^i$  – количество вагонов, поступивших на  $i$ -й путь в этом роспуске, шт.;  $L_{\text{ваг}}$  – длина условного вагона, 14 м;  $L_{\text{своб}}^i$  – длина пробега первого отцепы при роспуске на  $i$ -й путь, м;  $L_{\text{кзп}}^i$  – длина свободной зоны  $i$ -го пути после роспуска, м.

Формула (1) применяется для определения заполнения пути при одном роспуске; если рассматривать весь процесс накопления вагонов на пути от

осаживания до осаживания, то формулу (1) можно записать так:

$$K_{\text{зап}}^i = \frac{N_{\text{ваг}}^i \cdot L_{\text{ваг}}}{L_{\text{своб}}^i}, \quad (2)$$

где  $L_{\text{своб}}^i$  – длина свободной части  $i$ -го пути сортировочного парка после осаживания, м.

При рассмотрении вопроса минимизации окон формулу (2) можно использовать как числовой критерий из [27]. Кроме этого, чем ниже средний коэффициент качества заполнения пути сортировочного парка, тем большее количество осаживаний потребуется для накопления одного поезда.

Качество заполнения путей оценивалось двумя параметрами: коэффициентом, полученным по формуле (2), и количеством осаживаний, необходимых для накопления одного поезда.

### Результаты экспериментов

Кривые плотности распределения вероятности количества вагонов на пути

при первом осаживании, полученные по результатам имитационного моделирования, представлены на рис. 2.

Как видно из рис. 2, наихудшее качество заполнения у пути 1. Среднее значение коэффициента качества заполнения при первом осаживании для данного пути равно 0,326. Более высокий коэффициент (0,55) – у пути 2. У обоих путей смещена точка начала противоиждания, в результате чего при выпуске отцепа на свободный данный отцеп не докатится до тормозных башмаков, а остановится раньше или начнет движение назад в сторону горба горки. В результате этого средняя точка полной остановки первого отцепа будет смещена ближе к тормозной позиции, что сильно снижает качество заполнения путей до первого осаживания.

Кривая плотности распределения третьего пути почти совпадает с кривой для нормативного профиля. Даже максимумы значений у обоих профилей приходятся на интервал от 56 до 66 вагонов. Но в начале пути 3 есть противоиждание, который мешает движению отцепов. Поэтому средний коэффициент

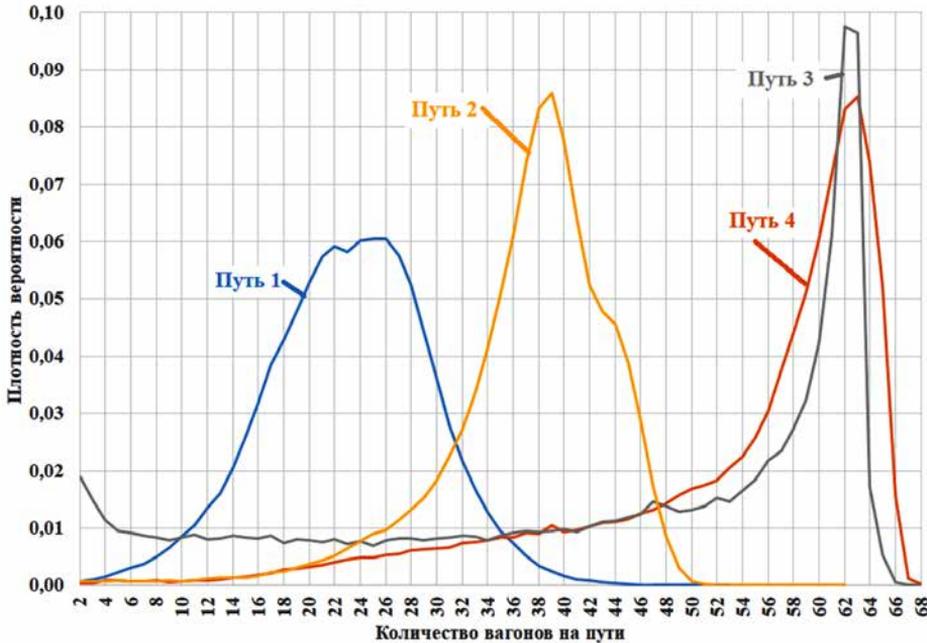


Рис. 2. Плотность вероятности количества вагонов на пути при первом осаживании

здесь равен 0,637, что меньше, чем у нормативного (0,762). Но даже у нормативного профиля средний коэффициент меньше требуемого: 0,8–1,0 [26].

В таблице 2 и на рис. 3 представлены вероятности количества осаживаний для накопления одного поезда на разных путях.

Из таблицы 2 и рис. 3 можно сделать вывод, что наихудшее качество заполнения – на пути 1, следовательно, среднее количество осаживаний, необходимых для накопления одного поезда,

максимально. В среднем на одно осаживание меньше потребуется для накопления поезда на пути 2. Оба пути имеют противоуклоны, которые начнутся с середины пути, что и приводит к такому большому количеству осаживаний. На пути 3 с наибольшей вероятностью для накопления поезда потребуется только одно осаживание. Но из-за наличия противоуклона в начале пути не исключена вероятность того, что для накопления одного поезда потребуется пять или шесть осаживаний.

Таблица 2

Количество осаживаний, необходимых для накопления одного поезда

Осаживания, кол-во	Путь 1	Путь 2	Путь 3	Путь 4
	вероятность	вероятность	вероятность	вероятность
1	0,009	0,009	0,588	0,816
2	0,096	0,883	0,241	0,176
3	0,748	0,104	0,082	0,008
4	0,145	0,003	0,045	0
5	0,001	0	0,022	0
6	0	0	0,022	0
Среднее количество осаживаний	3,034	2,102	1,736	1,193

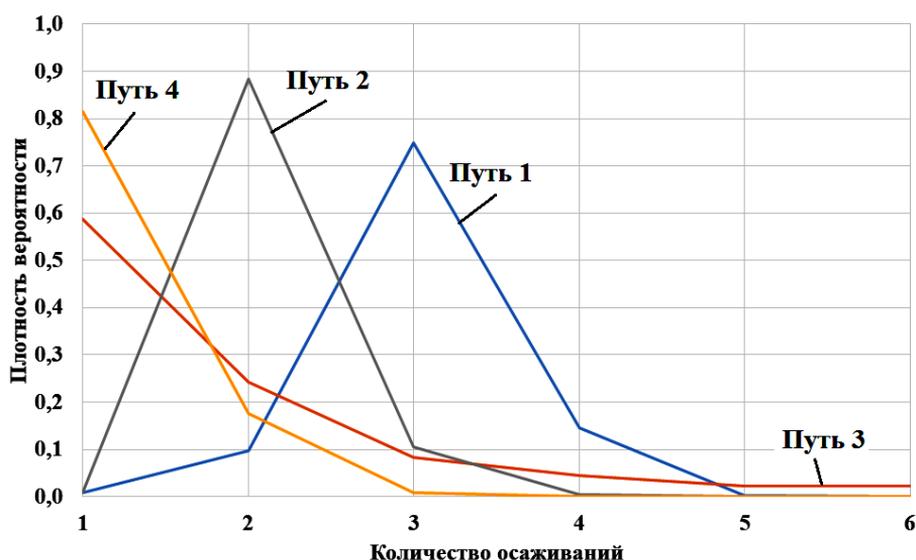


Рис. 3. Кривые плотностей распределения вероятности количества осаживаний, необходимых для накопления одного поезда

В таблице 3 представлен средний коэффициент качества заполнения путей, рассчитанный из всех роспусков.

Таблица 3

Средний коэффициент качества заполнения пути

Путь	Коэффициент качества заполнения пути
Путь 1	0,591
Путь 2	0,81
Путь 3	0,683
Путь 4	0,847

Как видно из таблицы 3, наименьший средний коэффициент – на пути 1. На пути 2 этот коэффициент – в пределах нормативного, следовательно, можно сделать вывод, что противоклон сильно влияет на рассматриваемый коэффициент только до первого осаживания. После этого сильно влияет оставшаяся часть пути. На пути 1 профиль пилообразный, т. е. уклоны и противоклоны идут друг за другом, из-за чего отцепы быстрее теряют скорость. На пути 2 первая часть профиля – это уклон, и большое количество отцепов все же достигает стоящих вагонов.

Вывод, что после первого осаживания большое влияние имеет именно начало пути сортировочного парка, подтверждается и расчетами для пути 3, у которого средний коэффициент заполнения пути ниже, чем у путей 2 и 4.

Итак, чем ближе искривление профиля к парковой тормозной позиции,

тем большее влияние оно оказывает на качество заполнения путей, потому что через него проходит большее количество отцепов. И при рассмотрении профиля сортировочного парка необходимо в первую очередь обращать внимание на изменение профиля в начале пути.

Таким образом, профиль оказывает большое влияние на качество заполнения пути сортировочного парка; увеличение длины противоклона в конце пути сортировочного парка приводит к тому, что смещается средняя точка полной остановки отцепа, следовательно, снижается коэффициент качества заполнения пути при роспуске на свободный путь; изменение профиля в первой половине пути сортировочного парка влияет на среднее количество осаживаний, необходимых для накопления одного поезда; при рассмотрении влияния профиля на перерабатывающую способность в первую очередь необходимо обращать внимание на начало пути; изменение профиля в начале пути оказывает куда большее влияние на качество заполнения пути, чем изменения в выходной горловине; на всех рассмотренных профилях повысилось среднее количество осаживаний, необходимых для накопления одного поезда, следовательно, время, затрачиваемое на осаживание для накопления одного поезда, также повысилось, из-за этого увеличился горочный технологический интервал, значит, понизилась перерабатывающая способность. ■

#### Литература

1. Казанцева Л. С., Югина О. П. Нормирование сроков доставки грузов и технология перевозочного процесса // Бюллетень транспортной информации. 2015. № 6. С. 29–33. ISSN 2072-8115.
2. Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы) : учебник/Н.В. Правдин, С.П. Вакуленко, А.К. Голович и др. М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. 1086 с.
3. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм. М. : Техинформ, 2003. 168 с.
4. Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств / Ю. А. Муха, Л. Б. Тишков, В. П. Шейкин и др. М. : Транспорт, 1994. 220 с.
5. Prokop, J. Design of Hump Profile in Railroad Classification Yard / J. Prokop, S. Myojin // Memoirs of the Faculty of Engineering, Okayama University. 1993. № 2. 41–58.

6. Бессоненко С. А. Вероятностный подход к расчету сортировочных горок // Транспорт: наука, техника, управление. 2010. № 3. С. 23–25. ISSN 0236-1914.
7. Бессоненко С. А. Расчет скорости отцепов и мощности тормозных позиций сортировочной горки с использованием вероятностных показателей // Транспорт: наука, техника, управление. 2006. № 5. С. 11–16. ISSN 0236-1914.
8. Бессоненко С. А. Оптимизация параметров сортировочной горки по времени расформирования составов // Транспорт: наука, техника, управление. 2007. № 9. С. 30–34. ISSN 0236-1914.
9. Правдин Н. В., Бессоненко С. А. Анализ существующих методов расчета сортировочных горок // Транспорт: наука, техника, управление. 2004. № 5. С. 22–27. ISSN 0236-1914.
10. Правдин Н. В., Бессоненко С. А. Определение уклонов скоростных участков и тормозных позиций на спускной части сортировочной горки // Транспорт: наука, техника, управление. 2008. № 9. С. 6–10. ISSN 0236-1914.
11. Карасев С. В. Влияние конструкции горки, структуры вагонопотока и внешней среды на качество заполнения путей сортировочного парка: дис. ... на соиск. уч. стт. канд. техн. наук. – Новосибирск, 2003. 203 с.
12. Назаров А. А. Снижение скорости отцепов в начале сортировочных путей, оснащенных системой распределенного регулирования скорости // Наука та прогрес транспорту. 2016. № 4 (64). С. 47–54. ISSN 2307-3489.
13. Шабельников А. Н., Кобзев В. А. Технические средства механизации и автоматизации роспуска составов на сортировочных горках // Автоматика, связь, информатика. 2016. № 6. С. 17–19. ISSN 0005-2329.
14. Кобзев В. А. Внедрение инновационной горочной техники // Автоматика, связь, информатика. 2013. № 8. С. 30–31. ISSN 0005-2329.
15. Controlling the speed of rolling cuts in condition of reduction of brake power of car retarders / D. M. Kozachenko, V. I. Bobrovskiy, S. V. Grevtsov, M. I. Verezovyi // Наука та прогрес – транспорту. 2016. № 3 (63). С. 28–40. ISSN 2307-3489.
16. Корниенко К. И. Совершенствование методики имитационного моделирования заполнения пути сортировочного парка // Транспорт Урала. 2018. № 2 (57). С. 35–42. ISSN 1815-9400.
17. Корниенко К. И. Программа для имитационного моделирования заполнения пути сортировочного парка «СортПарк 2» // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование». 2018. № 5 (108). С. 30.
18. Исследование влияния профиля горки на скорость движения отцепов в сортировочном парке при попутном ветре / Е. А. Ахмаев, С. А. Бессоненко, В. В. Борисов, К. И. Корниенко // Вестник СГУПС. 2017. № 1 (40). С. 13–18. ISSN 1815-9265.
19. Исследование движения отцепа в сортировочном парке / Е. А. Ахмаев, С. А. Бессоненко, В. В. Борисов, К. И. Корниенко // Транспорт Урала. 2017. № 4 (55). С. 49–53. ISSN 1815-9400.
20. Корниенко К. И. Алгоритм расчета точки остановки отцепа в сортировочном парке // Транспорт: наука, техника, управление. 2017. № 11. С. 36–40. ISSN 0236-1914.
21. Осипов Д. В. К вопросу определения продольных динамических нагрузок, действующих на отцепы при соударениях на сортировочных горках // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : м-лы IX Международн. науч.-практ. конф. – Иркутск : ИрГУПС, 2018. Т. 1. С. 107–112.
22. Туранов Х. Т. Новая методика расчета устойчивости груза на железнодорожной платформе при наличии гибких элементов креплений / Х. Т. Туранов, Н. В. Власова, М. В. Корнеев // Транспорт: наука, техника, управление. – 2015. № 3. С. 44–47. ISSN 0236-1914.
23. Туранов Х. Т., Гордиенко А. А., Чуйкова О. Ю. Оценка устойчивости груза и вагона с грузом относительно одной из опор по методике ТУ // Транспорт: наука, техника, управление. 2014. № 7. С. 17–24. ISSN 0236-1914.
24. Туранов Х. Т., Псеровская Е. Д. Расчет продольного сдвига груза на вагоне и усилия в элементах крепления по новой методике на примере гусеничной техники // Наука и техника транспорта. 2013. № 3. С. 48–58. ISSN 2074-9325.
25. Туранов Х. Т., Якупов А. Р., Ватонин А. А. Математическое моделирование рамных сил при движении грузового вагона с несимметрично размещенным грузом // Транспорт: наука, техника, управление. 2011. № 11. С. 15–21. ISSN 0236-1914.

26. Шабельников А. Н. Определение прицельной скорости выхода отцепы с парковой тормозной позиции / А. Н. Шабельников, В. Р. Одикадзе // Автоматика, связь, информатика. 2009. № 3. С. 9–11. ISSN 0005-2329.
27. Корниенко К. И. Влияние противоуклона на качество заполнения путей в сортировочном парке // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : м-лы IX Международн. науч.-практ. конф. – Иркутск : ИрГУПС, 2018. Т. 1. С. 78–82.

#### Literature

1. Kazantseva L. S., Yugrina O. P. Normalization of shipment delivery dates and technology of transportation process // Bulletin of transport information. [Normirovanie srokov dostavki грузов i tekhnologiya perevoznogo protsessa // Byulleten' transportnoy informatsii] 2015. № 6. P. 29–33. ISSN 2072-8115.
2. Project development of railway transport infrastructure (stations, railway and transport junctions): [Proektirovanie infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta (stantsii, zheleznodorozhnye i transportnye uzly)] textbook / N.V. Pravdin, S. P. Vakulenko, A. K. Golovnich et al. M. : FSBEI «Training and Methodology centre for education on railway transport», 2012. 1086 p.
3. Rules and norms of designing of sorting devices on 1520 mm railway gauge. [Pravila i normy proektirovaniya sortirovochnykh ustroystv na zheleznykh dorogah kolei 1520 mm] M.: Techninform, 2003. 168 p.
4. A manual for application of rules and norms of classification devices designing [Posobie po primeneniyu pravil i norm proektirovaniya sortirovochnykh ustroystv] / Yu. A. Mukha, L. B. Tishkov, V. P. Sheikin et al. M.: Transport, 1995. 220 p.
5. Prokop, J. Design of Hump Profile in Railroad Classification Yard / J. Prokop, S. Myojin // Memoirs of the Faculty of Engineering, Okayama University. 1993. № 2. 41–58.
6. Bessonenko S. A. Probabalistic approach to evaluation of classification humps // Transport: science, technology, management. [Veroyatnostny podhod k raschetu sortirovochnykh gorok] 2010. № 3. P. 23–25. ISSN 0236-1914.
7. Bessonenko S. A. Calculation of uncoupling speed and capacity of retarder positions of a classification hump using probabilistic pertinent data [Raschet skorosti ottsepov i moshchnosti tormoznykh pozitsiy sortirovochnoy gorki s ispol'zovaniem veroyatnostnykh pokazateley] // Transport: science, technology, management. 2006. № 5. P. 11–16. ISSN 0236-1914.
8. Bessonenko S. A. Optimization of parameters of a classification hump by time of train splitting [Optimizatsiya parametrov sortirovochnoy gorki po vremeni rasformirovaniya sostavov] // Transport: science, technology, management. 2007. № 9. P. 30–34. ISSN 0236-1914.
9. Pravdin N. V., Bessonenko S. A. Analysis of existing methods of calculation of classification humps [Analiz sushchestvuyushchih metodov rascheta sortirovochnykh gorok] // Transport: science, technology, management. 2004. № 5. P. 22–27. ISSN 0236-1914.
10. Pravdin N. V., Bessonenko S. A. Estimation of speed sections gradients and retarder positions on a classification hump slope [Opredelenie uklovov skorostnykh uchastkov i tormoznykh pozitsiy na spusknoy chasti sortirovochnoy gorki] // Transport: science, technology, management. 2008. № 9. P. 6–10. ISSN 0236-1914.
11. Karasev S. V. Influence of hump construction, car traffic volume structure and ambient environment on quality of track occupancy of a sorting yard: [Vliyanie konstruksii gorki, struktury vagonopotoka i vneshney sredy na kachestvo zapolneniya putey sortirovochnogo parka]: extended abstract of Candidate's (Eng.) dissertation. – Novosibirsk, 2003. 203 p.
12. Nazarov A. A. Reduction of speed of cuts at the beginning of sorting sidings supplied by the system of allotted regulation of speed [Snizhenie skorosti ottsepov v nachale sortirovochnykh putey, osnashchennykh sistemoy raspredelennogo regulirovaniya skorosti] // Science and transport progress. 2016. № 4 (64). P. 47–54. ISSN 2307-3489.
13. Shabelnikov A. N., Kobzev V. A. Technical devices of mechanization and automation of train splitting on classification humps [Tekhnicheskie sredstva mekhanizatsii i avtomatizatsii rospuska sostavov na sortirovochnykh gorkah] // Automation, communication, informatics. 2016. № 6. P. 17–19. ISSN 0005-2329.

14. Kobzev V. A. Introduction of innovational hump technical equipment [Vnedrenie innovatsionnoy gorochnoy tekhniki] // Automation, communication, informatics. 2013. № 8. P. 30–31. ISSN 0005-2329.
15. Controlling the speed of rolling cuts in condition of reduction of brake power of car retarders D. M. Kozachenko, V. I. Bobrovskiy, S. V. Grevtsov, M. I. Berezoviy // Science and transport progress. 2016. № 3 (63). P. 28–40. ISSN 2307-3489.
16. Kornienko K. I. Improvement of methods of imitational simulation of track occupancy of a sorting yard [Sovershenstvovanie metodiki imitatsionnogo modelirovaniya zapolneniya puti sortirovochnogo parka] // Transport of the Urals. 2018. № 2 (57). P. 35–42. 1815-9400.
17. Kornienko K. I. Program for imitational simulation of track occupancy of a sorting yard «SortPark 2» [Programma dlya imitatsionnogo modelirovaniya zapolneniya puti sortirovochnogo parka «SortPark 2»] // Chronicles of the united electronic resources «Science and education». 2018. № 5 (108). P. 30.
18. Studies of hump profile influence on the speed of cuts movement at the sorting yard with weather [Issledovanie vliyaniya profilya gorki na skorost' dvizheniya ottsepov v sortirovochnom parke pri poputnom vetre] / E. A. Akhmayev, S. A. Bessonenko, V. V. Borisov, K. I. Kornienko // Herald of SSRU. 2017. № 1 (40). P. 13–18. ISSN 1815-9265.
19. Studies of cuts movement at the sorting yard [Issledovanie dvizheniya ottsepa v sortirovochnom parke] / E. A. Akhmayev, S. A. Bessonenko, V. V. Borisov, K. I. Kornienko // Transport of the Urals. 2017.
20. Kornienko K.I. Algorithm of calculating a cut stop point at the sorting yard [Algoritm rascheta tochki ostanovki ottsepa v sortirovochnom parke] // Transport: science, technology, management. 2017. № 11. P. 36–40. ISSN 0236-1914. № 4 (55). P. 49–53. ISSN 1815-9400.
21. Osipov D.V. On issue of ascertainment of oblong dynamic loads affecting cuts in collisions at classification humps [K voprosu opredeleniya prodol'nyh dinamicheskikh nagruzok, deystvuyushchih na ottsepy pri soudarenyakh na sortirovochnykh gorkah] // Transport infrastructure of Siberian region: IX International scientific and practical conference. – Irkutsk : IrSRU, 2018.V. 1. P. 107–112.
22. Turanov Kh. T. New methods of calculating load stability on railway platform with flexible fastening elements [Novaya metodika rascheta ustoychivosti gruzha na zheleznodorozhnoy platforme pri nalichii gibkikh elementov kreplenyi] / Kh. T. Turanov, N. V. Vlasova, M. V. Korneyev // Transport: science, technology, management. – 2015. № 3. P. 44–47. ISSN 0236-1914.
23. Turanov Kh. T., Gordienko A. A., Chuikova O. Yu. Evaluation of stability of the load and car with the load referred to a support according to TC methods [Otsenka ustoychivosti gruzha i vagona s gruzom otnositel'no odnoy iz opor po metodike TU] // Transport: science, technology, management. 2014. № 7. P. 17–24. ISSN 0236-1914.
24. Turanov Kh. T., Pserovskaya E. D. Calculation of oblong load shift on a car and efforts in fastening elements according to new methods as exemplified by crawler machines [Raschet prodol'nogo sdviga gruzha na vagone i usiliya v elementakh krepleniya po novoy metodike na primere gusenichnoy tekhniki] // Science and technology of transport. 2013. № 3. P. 48–58. ISSN 2074-9325.
25. Turanov Kh. T., Yakupov A. P., Vatoin A. A. Mathematical simulation of framed forces under freight car movement with asymmetrically located freight [Matematicheskoe modelirovanie ramnykh sil pri dvizhenii gruzovogo vagona s nesimmetrichno razmeshchennym gruzom] // Transport: science, technology, management. 2011. № 11. P. 15–21. ISSN 0236-1914.
26. Shabelnikov A. N. Ascertainment of target velocity of cut departure from park retarder position [Opredelenie pritsel'noy skorosti vyhoda ottsepa s parkovoy tormoznoy pozitsii] / A. N. Shabelnikov, V. R. Odikadze // Automation, communication, informatics. 2009. № 3. P. 9–11. ISSN 0005-2329.
27. Kornienko K.I. Influence of opposite elevation on quality of track occupancy at the sorting yard [Vliyanie protivouklona na kachestvo zapolneniya putey v sortirovochnom parke] // Transport infrastructure of Siberian region: IX International scientific and practical conference. – Irkutsk : IrSRU, 2018. V. 1. P. 78–82.

*Статья сдана в редакцию 4 июля 2018 года*

# Организация и логистика

УДК 629.421.2.083:004.9

А.П. Буйносов, И.С. Цихалевский, С.И. Лаптев

## Организация эксплуатации, обслуживания и ремонта газотурбовозов ГТ1h

UDC 629.421.2.083:004.9

A.P. Buynosov, I.S. Tsikhalevskiy, S.I. Laptev

## Organization of gas turbine locomotives «ГТ1h» exploitation and technical maintenance

### Аннотация

В статье рассмотрены вопросы организации эксплуатации газотурбовозов, работающих на сжиженном природном газе, для реализации технологии вывоза нефтеналивных грузов с Сургутского неэлектрифицированного региона Свердловской железной дороги на участке Войновка – Коротчаево тяжеловесными поездами в 2020–2030 гг. Исходя из пропускной способности и размеров движения рассчитан необходимый эксплуатируемый парк газотурбовозов. На основе собранного в депо статистического материала построена диаграмма Парето, выявлены узлы, находящиеся в зоне риска. Определено количество текущих ремонтов и технических обслуживаний, определена структура ремонтного цикла до и после оптимизации, периодичность проведения всех видов ремонтов. Оценена эффективность газотурбовоза по сравнению с трехсекционным тепловозом.

**Ключевые слова:** газотурбовоз, эксплуатация, обслуживание, ремонт, организация.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-43-55

### Abstract

The article considers exploitation of LNG-driven turbine gas locomotives for exportation of oil freights from the non-electrified Surgut region of the Sverdlovsk railroad at the Voinovka – Korotchaevo segment by heavy-tonnage trains in the 2020–2030 ss.

Proceeding from the capacity and traffic range, the necessary operational fleet of gas turbine locomotives is calculated. On the basis of the depot statistical data, the Pareto's chart is created and the units at risk are identified. The number of technical maintenance procedures is defined; the repair cycle structure and frequency of all types repair before and after the optimization are depicted. The efficiency of the gas turbine locomotive compared to the three-unit diesel locomotive is estimated.

**Keywords:** gas turbine locomotive, exploitation, maintenance, repair, organization.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-43-55

*Статья рекомендована к публикации В. Т. Черемисиним, д-ром техн. наук, профессором Омского государственного университета путей сообщения. E-mail: eps@omgups.ru.*

*The article is recommended for publishing by V. T. Cheremisin, Doctor of technical science, Professor of Omsk state university of railway transport. E-mail: eps@omgups.ru.*

**Александр Петрович Буйносов**, докт. техн. наук, профессор; кафедра «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: ABuynosov@usurt.ru.

**Игорь Станиславович Цихалевский**, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: ITsikhalevsky@usurt.ru.

**Сергей Игоревич Лаптев**, аспирант кафедры «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: serj2212@mail.ru.

**Alexander Petrovich Buynosov**, Doctor of technical science, Professor; chair of Electric traction, Ural state university of railway transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: ABuynosov@usurt.ru.

**Igor Syanislavovich Tsikhalevsky**, Candidate of technical science, Associate Professor; chair of Electric traction, Ural state university of railway transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: ITsikhalevsky@usurt.ru.

**Sergey Igorevich Laptev**, post-graduate student, chair of Electric traction, Ural state university of railway transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: serj2212@mail.ru.

На сети железных дорог России имеются множество станций стыкования электрической и тепловозной тяги. Так как мощность тепловоза значительно ниже, чем у электровоза, то составы на таких станциях приходится расформировывать и вывозить по частям. Чтобы уйти от этого, с 2005 г. ОАО «РЖД» организовало комплекс научно-исследовательских работ по созданию локомотива с газотурбинной силовой установкой (ЛГСУ), работающей на сжиженном природном газе (СПГ). ЛГСУ имеет большую мощность в сравнении с электровозом или тепловозом, показатели экономичности и экологичности у такой установки значительно выше, ЛГСУ способен водить состав массой более 6000 т и без переформирования доставлять его до пункта назначения. В 2007 г. на базе электровоза ВЛ15 выпущен инновационный магистральный газотурбовоз ГТ1h-001, а в 2013 г. – второй газотурбовоз (ГТ1h-002) на базе тепловоза ТЭМ7А [1, 2]. В феврале 2017 г. ГТ1h-002 был передан ОАО «РЖД» на Свердловскую железную дорогу для его дальнейшей эксплуатации. В настоящий момент обслуживание газотурбовоза (ГТ) обеспечивает компания ООО «СТМ-Сервис» в сервисном локомотивном депо (СЛД) Артемовский; эксплуатируют ГТ бригады эксплуатационного локомотивного депо Егоршино.

Из-за сложности (по сравнению с тепловозом) конструкции встала задача организовать эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт для

современного ГТ на полигоне Коротчаево – Войновка Свердловской железной дороги. Этот участок не электрифицирован, включен в диспетчерскую централизацию. Длина участка – 1331 км, на пути следования поездов есть промежуточные станции и отдельные пункты.

Участок Войновка – Тобольск (222 км) – двухпутный с двумя однопутными вставками. Участок Тобольск – Сургут (475 км) однопутный, с двухпутными вставками. Участки Сургут – Лимбей (533 км) и Лимбей – Коротчаево (101 км) однопутные.

Участок Войновка – Коротчаево – железнодорожная линия преимущественно с грузовым движением. В состав участка входят 79 отдельных пунктов: шесть участковых станций (Тобольск, Демьянка, Куть-Ях, Ноябрьск-1, Пурпе, Сургут); семь грузовых станций (Туринская, Когалым, Лимбей, Ноябрьск 1, Пыть-Ях, Юность Комсомольская, Коротчаево); 18 промежуточных станций, 41 разъезд, 7 путевых постов. На всех станциях имеются пути длиной 71–100 условных вагонов, в четном и нечетном направлениях обращаются поезда с установленной массой 6000 т. Пропускная способность рассматриваемого участка составляет на участке Войновка – Тобольск 36 пар грузовых поездов; Тобольск – Сургут – 29–36 пар грузовых поездов; Сургут – Лимбей – 9–16 пар.

Большая часть нефтепродуктов перевозится в порты Северо-Запада и Центрального региона России. В обратном

#### Характеристика участков полигона Коротчаево – Войновка

Участок	Длина, км	Тип участка	Пропускная способность, пар грузовых поездов
Войновка – Тобольск	222	Двухпутный с двумя однопутными вставками	36
Тобольск – Сургут	475	Однопутный, с двухпутными вставками	29–36
Сургут – Лимбей	533	Однопутный	9–16
Лимбей – Коротчаево	101	Однопутный	9–16

направлении для освоения новых районов Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов следуют минерально-строительные грузы. В четном направлении следуют поезда с порожними цистернами под погрузку нефтепродуктов и в обратном направлении – с порожними полувагонами и платформами из-под выгрузки строительных грузов. Погрузка по основным грузовым станциям Сургутского и Тюменского регионов в 2017 г. приведена в таблице 1.

По прогнозу, к 2030 г. вывоз нефтегрузов с предприятий севера Уральского

федерального округа по рассматриваемому железнодорожному пути Коротчаево – Войновка увеличится до 30%. Пропускная способность и размеры движения рассматриваемого участка приведены на рис. 1.

Существующая инфраструктура направления Войновка – Коротчаево и действующая технология организации движения поездов позволяют обеспечить пропуск поездов массой 9000 т.

Организовать эксплуатацию газотурбовозов с поездами массой 9000 т предлагается по схеме, приведенной на рис. 2.

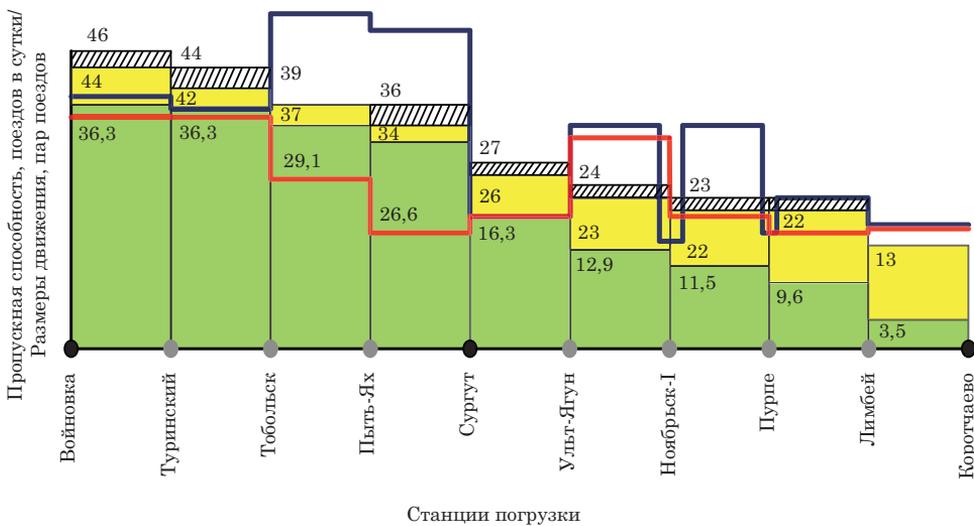


Рис. 1. Пропускная способность и размеры движения участка Войновка – Коротчаево  
 ■ – размеры движения в 2017 году; ■ – прогнозные размеры движения к 2030 году с учетом поездов массой 9000 т; ▨ – прогнозируемые размеры движения к 2030 году без тяжеловесного движения; — – пропускная способность в 2017 году; — – пропускная способность непараллельного графика с 2020 года

Таблица 1  
 Погрузка по основным грузовым станциям

Станция погрузки	Грузоотправитель	Род груза	Погрузка	
			вагонов	масса, т
Тобольск	ОА «Сибер-Транс»	Нефтепродукты	151343	5770261
Сургут	ООО «Газпромтранс»		160388	7929574
Лимбей	ООО «Новатек-транссервис»		168782	9860503

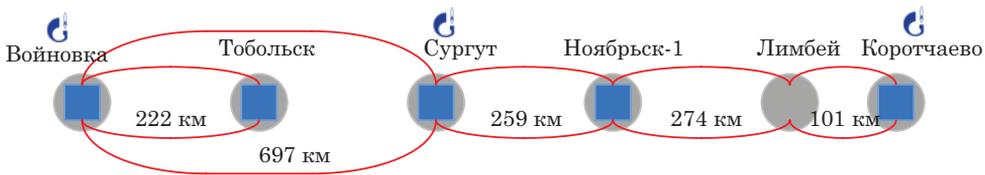


Рис. 2. Схема вождения тяжеловесных поездов

■ – пункт экипировки (ПЭ); Ⓔ – комплекс производства сжиженного природного газа (КП СПГ)

Схема (рис. 2) имеет плечевой вид обслуживания. Формирование, расформирование и обработка составов для следования с ГТ производится на станциях Войновка, Тобольск, Сургут, Ноябрьск-1, Лимбей и Коротчаево. Для организации обслуживания ГТ на участке Войновка – Коротчаево необходима соответствующая инфраструктура, а значит, нужно строить комплексы по сжижению природного газа. Предлагаемое нами размещение объектов инфраструктуры газоснабжения (экипировки локомотивов) в Сургутском и Тюменском регионах до 2020 г. приведено на рис. 3.

Единственный действующий комплекс по производству сжиженного природного газа в настоящее время располагается на ст. Аппаратная (Екатеринбург), поэтому для обеспечения процесса

перевозок на участке Войновка – Коротчаево предлагается установка трех дополнительных комплексов по производству СПГ на станциях Войновка, Сургут и Коротчаево (см. рис. 3). Такое расположение позволит своевременно доставлять сжиженный природный газ до пунктов экипировки.

Пункты экипировки сжиженным природным газом необходимо расположить на ст. Войновка, Тобольск, Сургут, Ноябрьск-1 и Коротчаево. Такое расположение позволит своевременно дозаправлять ГТ в пути следования. Экипировка ГТ производится на специально отведенных площадках. Сжиженный природный газ доставляется передвижным автогазозаправщиком. Продолжительность экипировки ГТ от автогазозаправщика – 2 ч 56 мин, включая 38 мин на подго-

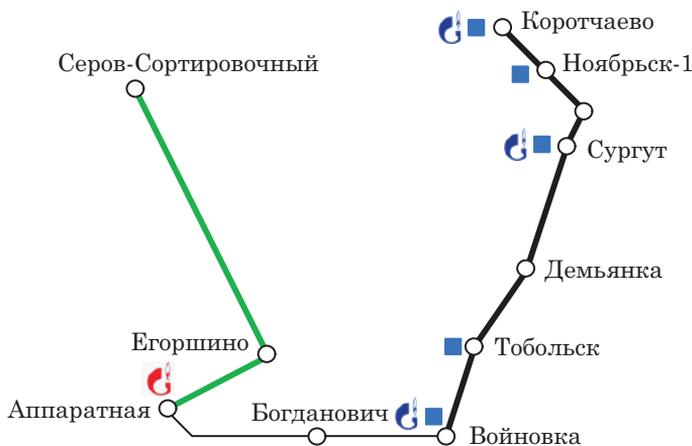


Рис. 3. Размещение объектов газоснабжения

Ⓔ – действующий комплекс по производству СПГ; Ⓔ – необходимый комплекс по производству СПГ; ■ – пункт экипировки (ПЭ)

товительно-заключительные операции. Продолжительность экипировки ГТ от стационарной емкости – 1 ч 44 м, включая 38 мин на подготовительно-заключительные операции.

Нами предлагается к 2030 г. организовать работу пяти комплексов по производству СПГ на станциях Тобольск, Демьянка, Сургут, Лимбей и Коротчаево, пяти экипировочных пунктов (комплексов) для дозаправки ГТ на станциях, на которых производится СПГ (рис. 4).

Для выявления оборудования ГТ, которое чаще всего выходит из строя, в 2017 г. в СЛД Артемовский собран статистический материал о дефектах узлов ГТ 1h-002 (таблица 2).

На основе статистических данных (таблица 2) по методике [3] построена диаграмма Парето (рис. 5).

Из рис. 5 видно, что в области риска оказались такие узлы, как система топливоподачи, механическое оборудование, тяговый двигатель и автотормозное оборудование – всего 80,7%. Из таблицы 2 и рис. 5 видно: газотурбинная установка

НК-361 имеет значительный ресурс безотказной работы (дефектов в ходе поездок не было обнаружено); высок риск, что заявленный срок службы системы топливоподачи (криогенного насоса), произведенной в Швейцарии, не будет выдержан; узким местом являются тяговые электродвигатели и автотормозное оборудование. Решить проблему отказов тяговых электродвигателей, произведенных в Украине (г. Харьков), не удалось. Вопросы по безотказной работе тормозной системы в настоящее время решаются в УрГУПС и УО АО ВНИИЖТ.

Для уменьшения количества дефектов и поддержания локомотива в работоспособном состоянии требуется разработать способы, направленные на повышение надежности четырех узлов газотурбовоза ГТ1h-002. Совместно с АО ВНИКТИ и Людиновским тепловозостроительным заводом идет работа по повышению надежности газотурбовоза ГТ1h-002, в результате которой коэффициент технической готовности (КТГ) составил 0,89, а коэффициент внутренней готовности (КВГ) – 0,95.



Рис. 4. Размещение экипировочных пунктов для дозаправки газотурбовозов  
 🔥 – действующий комплекс по производству СПГ; 🧊 – необходимые комплексы по производству СПГ; ■ – пункты экипировки СПГ

Таблица 2

Классификация дефектов узлов газотурбовоза ГТ1h-002

Узел	Количество дефектов	Накопленная сумма количества дефектов	Процент числа дефектов от общего количества дефектов	Накопленный процент
Система топливоподачи	19	19	31,2	17,5
Механическое оборудование	14	33	23,0	54,2
Тяговый двигатель	11	44	18,1	72,3
Автотормозное оборудование	5	49	8,4	80,7
Вспомогательное оборудование ГСУ	3	51	4,9	85,6
Силовые электрические цепи, аппараты	2	53	3,2	88,8
Приборы безопасности	1	54	1,6	90,4
Система управления	1	55	1,6	92,0
Тяговый генератор	1	56	1,6	93,6
Сигнальные и осветительные приборы	1	57	1,6	95,2
Системы сигнализации	1	58	1,6	96,8
Радиостанции	1	59	1,6	98,4
Кузов	1	60	1,6	100
Газотурбинная установка НК-361	0	60	0	100
<b>Итого</b>	<b>61</b>	<b>-</b>	<b>100</b>	<b>-</b>

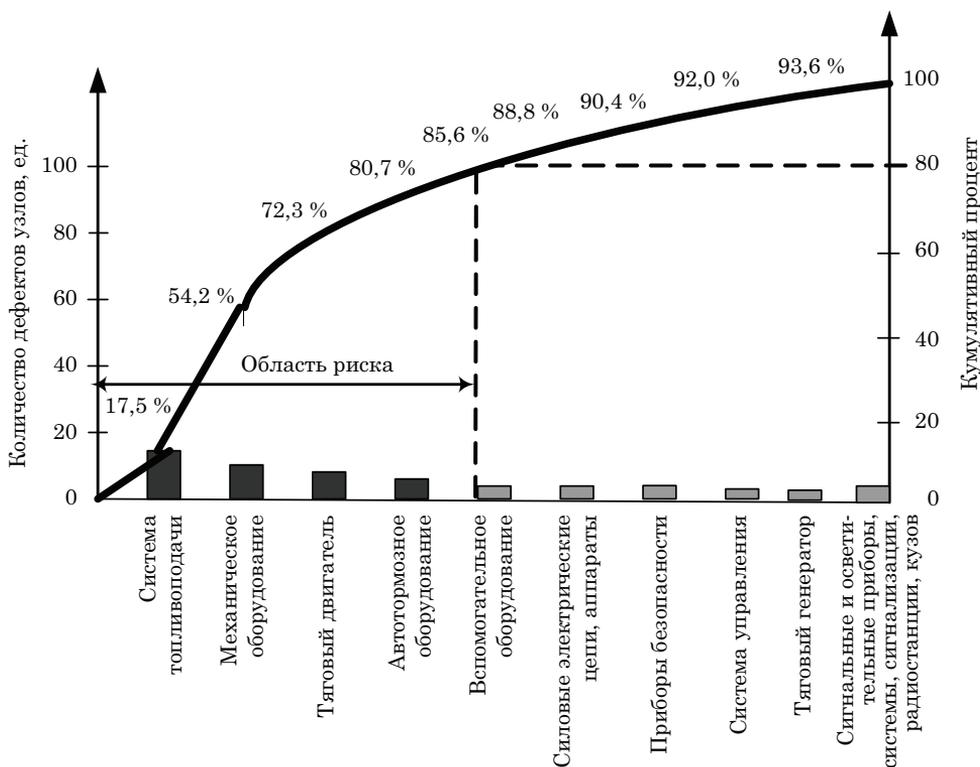


Рис. 5. Диаграмма Парето по дефектам узлов газотурбовоза

Последовательность наступления отказов оборудования в процессе эксплуатации газотурбовоза можно представить в виде модели [4, 5]. Наблюдение за новым (отремонтированным) оборудованием начинается в момент времени  $l = 0$  (рис. 6).

После функционирования в течение времени (наработки)  $\tau_1$  возникает отказ, затем происходит восстановление или оборудование заменяют новым за время намного меньшее, чем наработка до отказа  $l_i$ . После наработки  $\tau_2$  оборудование отказывается, его снова ремонтируют или заменяют однотипным работоспособным. Далее процесс происходит аналогично. Поскольку все отказы возникают под действием одних и тех же факторов, естественно предположить, что наработки между отказами  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_i, \dots, \tau_n$  имеют один и тот же закон распределения [6]:

$$F(l) = P\{t < l\}. \quad (1)$$

Вероятность безотказной работы – это вероятность того, что наработка

до отказа  $\tau$  оборудования окажется не меньше  $l$  [7]:

$$P(l) = P\{\tau \geq l\}. \quad (2)$$

Так как отказ и безотказная работа события противоположные, то вероятность отказа:

$$Q(l) = P\{\tau < l\} = F(l) = 1 - P(l). \quad (3)$$

На основе результатов обработки статистических данных по разработанной методике [8] после текущего ремонта ТР-1 построена диаграмма вероятности отказа оборудования газотурбовоза ГТ1h-002 (рис. 7).

Количество стойловых участков (стойл) непосредственно по осмотру, ревизии и ремонту оборудования при текущем ремонте зависит от многих факторов (простои в ремонте, продолжительность смен, фонд рабочего времени стойла, равномерность постановки в ремонт) и определяется по формуле [9]

$$C_p = \frac{N_p \cdot t_p}{K \cdot \Phi \cdot t_{cm} \cdot n_{cm}} \cdot \psi, \quad (4)$$

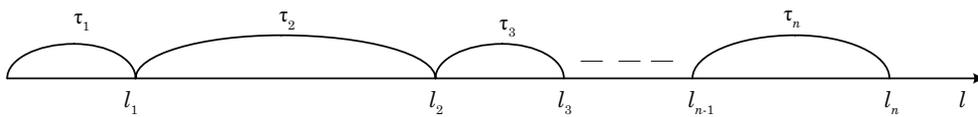


Рис. 6. Модель процесса восстановления

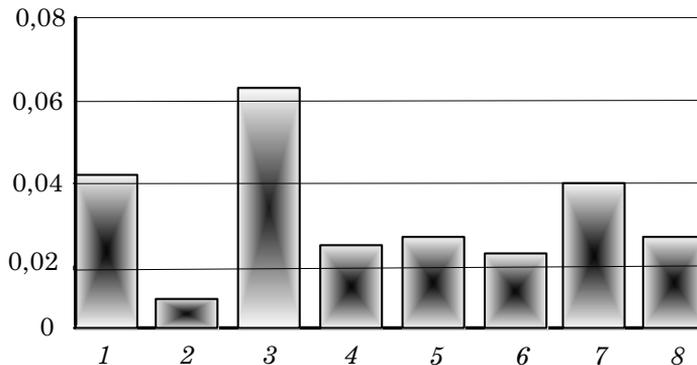


Рис. 7. Диаграмма вероятности отказа оборудования в 2017 год  
 1 – механическое оборудование; 2 – приборы безопасности; 3 – система топливоподдачи;  
 4 – силовые цепи, аппараты; 5 – автотормозное оборудование; 6 – тяговый генератор;  
 7 – тяговый двигатель; 8 – вспомогательное оборудование

где  $N_p$  – количество текущих ремонтов;  $t_p$  – норма простоя газотурбовоза в ремонте, ч;  $K$  – переводной коэффициент учета секционности локомотива;  $\Phi$  – фонд времени работы стойла, сут;  $t_{см}$  – продолжительность смены, ч;  $n_{см}$  – число смен;  $\psi$  – коэффициент, учитывающий неравномерность постановки,  $\psi = 1,1-1,2$  [6, 8].

При расчете учитывалось, что комплексные ремонтные бригады работают по 12 часов. Во внимание приняты три варианта работы: 1) круглосуточно, без выходных и праздничных дней,  $\Phi = 365$  сут; 2) круглосуточно, за вычетом праздничных дней,  $\Phi = 353$  сут; 3) круглосуточно, с выходными и праздничными днями,  $\Phi = 249$  сут.

Кроме стойловых участков для осмотра, ревизий и ремонта ГТ при текущих ремонтах должны предусматриваться специальные стойла для диагностирования оборудования. Такие стойла диагностирования, например, имеет СЛД Свердловск. Количество рассчитанных стойловых участков, необходимых для диагностирования и производства текущего ремонта ТР-1 газотурбовоза ГТ1h, приведено в таблице 3.

В перспективе количество стойл может быть снижено – если выполнять на стойле работы по осмотру и ревизии оборудования в течение одной смены за 12 ч.

Для организации ремонта и технического обслуживания ГТ необходимо рассчитать норму ремонта и технического обслуживания на участках Войновка – Тобольск, Войновка – Сургут, Сургут – Коротчаево.

Рассмотрим участок Войновка – Тобольск (222 км), число пар поездов – 8 (см. рис. 3); для расчета эксплуатационного парка газотурбовозов принимаем техническую скорость движения по участку в четном и нечетном направлении 50 км/ч.

Участковую скорость определяем по заданному коэффициенту участковой скорости.

Участковая скорость:

$$V_{уч} = 0,8 \cdot V_p, \quad (5)$$

где 0,8 – коэффициент участковой скорости.

Полный оборот газотурбовоза:

$$T_{л} = \frac{2L}{V_{уч}} + t_{осн} + t_{об}, \quad (6)$$

где  $L$  – протяженность участка обращения, км;  $t_{осн}$  – время простоя на техническом осмотре, приходящееся на один оборот, ч;  $t_{об}$  – время простоя ГТ в пункте оборота, ч.

Коэффициент потребности ГТ:

$$K_{п} = \frac{T_{л}}{24}, \quad (7)$$

где  $T_{л}$  – оборот ГТ на участке обращения, локомотиво · км.

Коэффициент потребности показывает число ГТ, необходимых для обслуживания одной пары поездов в сутки.

Тогда эксплуатируемый парк локомотивов на участке Войновка – Тобольск:

Таблица 3

Количество стойловых участков для текущего ремонта ТР-1

Наименование	Фонд рабочего времени стойл, сут		
	365	353	249
Количество стойловых участков текущего ремонта ТР-1	1,36	1,40	2,24
Количество стойловых участков для диагностирования	0,68	0,70	0,99

$$N_3 = K_n \cdot n, \quad (8)$$

где  $n$  – число пар поездов.

Принимаем эксплуатационный парк на участке Войновка – Тобольск – 5 локомотивов.

В соответствии с найденным числом газотурбовозного парка на участке, определим программу ремонта и потребность в эксплуатационных ресурсах.

Находим суточный пробег по выражению

$$S_c = 2 \cdot L \cdot n, \quad (9)$$

где  $L$  – длина участка, км;  $n$  – число пар поездов в сутки.

Годовой и месячный пробег поезда:

$$S_{\text{год}} = S_c \cdot 365, \quad (10)$$

$$S_{\text{м}} = S_c \cdot 30,4. \quad (11)$$

Среднесуточный пробег одного локомотива определяем по выражению

$$S_{\text{ср}} = 2 \cdot L \cdot \frac{n}{N_3}, \quad (12)$$

где  $N_3$  – эксплуатируемый парк ГТ;  $L$  – длина участка, км;  $n$  – количество пар поездов.

Полученные результаты сведем в таблицу 4.

Аналогичные результаты получены и для участков Войновка – Сургут и Сургут – Коротчаево. Все произведенные расчеты по рассматриваемым участкам, а также по видам технического обслуживания и ремонта представлены в таблице 5.

Необходимое количество эксплуатируемого парка ГТ на участке Коротчаево – Войновка показано в таблице 6.

Количество ремонтных позиций определяется годовой программой ремонта ГТ в депо, простоем их в ремонте

Таблица 4

Технико-эксплуатационные показатели использования ГТ на участке Войновка – Тобольск

Показатель	Значение
Участковая скорость, км/ч	40
Среднесуточный пробег локомотива, км	710,4
Эксплуатируемый парк локомотива, шт.	5

Таблица 5

Годовая программа технических обслуживаний и ремонтов ГТ, ед.

Участок	Вид технического обслуживания/ремонта						
	ТО-2	ТО-3	ТР-1	ТР-2	ТР-3	СР	КР
Войновка – Тобольск	365	91	7	4	1	1	1
Войновка – Сургут	730	214	16	8	6	2	2
Сургут – Коротчаево	438	140	10	5	4	1	1
Всего	1533	445	33	17	11	4	4

Таблица 6

Эксплуатируемый парк ГТ

Участок	Количество локомотивов, шт.
Войновка – Тобольск	6
Войновка – Сургут	10
Сургут – Коротчаево	5
Всего	21

или техническом обслуживании и фондом рабочего времени стойла.

Для ремонтов, продолжительность которых измеряется сутками (ТР-2, ТР-3, СР), расчет выполняем по выражению:

$$C_{pi} = \frac{N_{pi} \cdot t_{pi}}{D}, \quad (13)$$

где  $N_{pi}$  – годовая программа данного вида ремонта;  $t_{pi}$  – простой в ремонте, сут;  $D$  – число рабочих дней в году,  $D = 247$  дн.

Для ремонтов и осмотров, продолжительность которых измеряется в часах (ТО-2, ТО-2, ТР-1), количество ремонтных позиций определяют по формуле

$$C_{pi} = \frac{N_{pi} t_{при} \mu}{D C T_{см}}, \quad (14)$$

где  $T_{см}$  – средняя продолжительность смены;  $t_{при}$  – продолжительность ремонта, ч;  $C$  – число рабочих смен в сутках;  $\mu$  – коэффициент, учитывающий неравномерность подхода и постановки электровозов на ТО-4, ТР-1,  $\mu = 1,1$ .

Необходимость производства обточек бандажей колесных пар определяется увеличением проката до предельного значения, подрезом гребней, появлением ползунов и другими дефектами на поверхности катания.

Для расчета числа ремонтных позиций используются нормы простоя газотурбовозов в техническом обслуживании и текущем ремонте из [10] (для магистрального тепловоза ТЭМ7). Нормы приведены в таблице 7.

С помощью разработанной в РУТ (МИИТ) компьютерной программы «Оптимизация периодичности ремонта локомотивов на полигоне железной дороги» [12, 13] рассчитана и оптимизирована структура ремонтного цикла газотурбовоза ГТ1h-002. На рис. 8, а представлена структура ремонтного цикла деталей до оптимизации [10], а на рис. 8, б – оптимизированная структура (при снижении в два раза количества отказа системы топливоподачи, механического оборудования, тяговых двигателей и автотормозного оборудования).

Таблица 7

Нормы простоя ГТ на ТО и ТР

ТО-2	ТО-3	ТР-1	ТР-2	ТР-3	СР
1,2 ч	12 ч	36 ч	4 сут	6 сут	6 сут

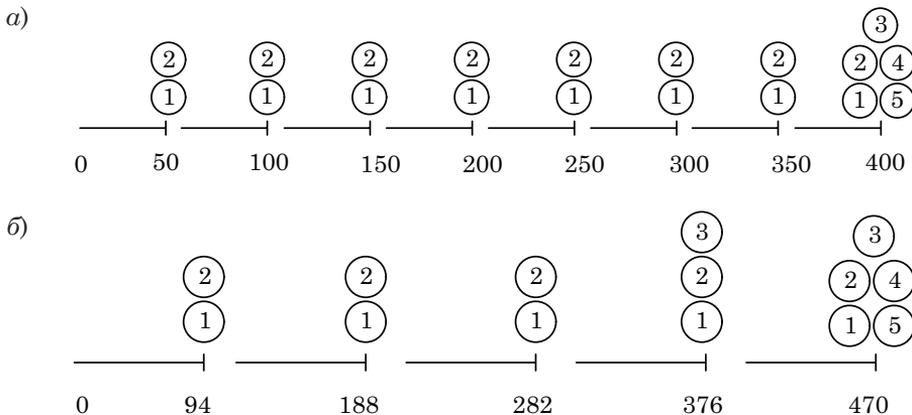


Рис. 8. Структура ремонтного цикла до (а) и после (б) оптимизации  
 1 – система топливоподачи; 2 – механическое оборудование; 3 – тяговый двигатель;  
 4 – автотормозное оборудование; 5 – силовые цепи, аппараты

Таблица 8

## Нормы пробега локомотивов между ремонтами

Серия газотурбовоза	Периодичность по видам ремонта, тыс. км				
	ТР-1	ТР-2	ТР-3	СР	КР
ГТ1h	94	282	470	1410	2820

Пробеги между обслуживаниями и ремонтами ГТ после оптимизации структуры сведены в таблицу 8.

Полученная оптимизированная структура ремонтного цикла позволила скорректировать в большую сторону межремонтные пробеги [7] и сократить объемы работ по текущим ремонтам газотурбовозов ГТ1h.

В период опытной эксплуатации установлено, что ведение поезда массой 7,5 тыс. т газотурбовозом снижает удельные затраты на энергоресурсы по сравнению с использованием для тяги тепловоза ЗТЭ116У на 5,6 %, а при увеличении нормы массы до 9 тыс. т – на 12 %.

В мае 2016 г. входе экспериментальной поездки по участку Сургут – Войновка газотурбовоз ГТ1h-002 провел поезд массой 8445 т, преодолев без дозаправки 696 км [11].

Исследования подтвердили высокую эффективность ГТ по сравнению с трехсекционным тепловозом в плане использования энергии на тягу, хотя стоимость ГТ1h несколько выше по

сравнению с ЗТЭ116У (284,2 и 233 млн руб.). При этом:

- мощность на ободах колес газотурбовоза выше на 6 %;
- затраты мощности газотурбовоза на вспомогательные нужды ниже в 2,4 раза;
- КПД тяговой электропередачи газотурбовоза выше на 2,1 процентного пункта;
- имеется резерв мощности газотурбинного двигателя для кратковременных форсированных режимов.

Установлено, что снижение удельных затрат на топливо у ГТ по сравнению с тепловозом достигается при вожении им грузовых поездов массой более 6550 т. При массе поезда 9000 т снижение составляет 12 %.

В результате внедрения ГТ на участке Войновка – Коротчаево повышается энергоэкономическая эффективность за счет увеличения массы состава и замены дизельного топлива на сжиженный природный газ [14]. Такие меры способствуют увеличению грузооборота и, как следствие, увеличению прибыли. ■

## Литература

1. Развитие газомоторных технологий [Электронный ресурс]. – URL: [http://svzd.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE\\_ID=11&layer\\_id=4069&refererLayerID=4069&id=7173](http://svzd.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE_ID=11&layer_id=4069&refererLayerID=4069&id=7173) (дата обращения 19.03.2017).
2. Руководство по эксплуатации «Газотурбовоз магистральный ГТ1h» ГТ1h.00.000.000 РЭ в трех частях. М., 2015. 244 с.
3. Буйнов А. П., Мишин Я. А. Анализ надежности узлов электровозов ВЛ11 на основе принципа Парето и диаграммы Исикавы // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2013. № 1. С. 317–320. ISSN 2071-3827.
4. Горский А. В., Воробьев А. А. Оптимизация системы ремонта локомотивов. М.: Транспорт, 1994. – 208 с.
5. Цихалевский И. С., Ветлугина О. И., Кудаяров М. М. Определение оптимальных параметров технологического процесса ремонта тягового подвижного состава // Вестник УрГУПС. 2011. № 4 (12). С. 31–38. ISSN 2079-0392.
6. Цихалевский И. С., Кудаяров М. М. Оптимизация организации ремонта локомотивов на полигоне Свердловской железной дороги // Транспорт Урала. 2008. № 1. С. 110–113. ISSN 1815-9400.

7. Головатый А. Т., Исаев И. П., Горский А. В., Буйносов А. П. Система ремонта локомотивов на конкретных участках обращения // Железнодорожный транспорт. 1992. № 7. С. 40–44. ISSN 0044-4448.
8. Буйносов А. П., Пышный И. М., Тихонов В. А. Ремонт локомотивов без прекращения их эксплуатации // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. Т. 60. № 1. С. 85–91. ISSN 2500-1590.
9. Буйносов А. П., Цихалевский И. С. Повышение уровня организации технологического процесса текущих ремонтов электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 4. С. 33–35. ISSN 2079-5920.
10. Распоряжения ОАО «РЖД» № 3р «О системе технического обслуживания и ремонта локомотивов ОАО «РЖД» (в ред. распоряжений ОАО «РЖД» от 30.04.2007 № 558р, от 22.06.2012 № 1246р). М., 2012. 11 с.
11. Технико-экономическое обоснование газотурбовоза ГТ1h-002 по результатам подконтрольных эксплуатационных испытаний. М., 2016. 82 с.
12. Горский А. В., Скребков А. В., Цихалевский И. С., Чигамбаев Т. О. Методика и алгоритм оптимального распределения локомотивов по ремонтным предприятиям // Транспорт Урала. 2008. – № 3 (18). С. 25–27. ISSN 1815-9400.
13. Горский А. В., Скребков А. В., Цихалевский И. С., Чигамбаев Т. О. Оптимальное распределение локомотивов по ремонтным предприятиям сети железных дорог // Вестник РГУПС. 2008. № 3. С. 26–29. ISSN 0201-727X.
14. Буйносов А.П., Цихалевский И.С. Совершенствование организации системы технического обслуживания и ремонта локомотивов // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 5. С. 78–81. ISSN 2079-5920.

#### Literature

1. Development of gas-engine technology [Razvitie gazomotornyh tekhnologiy] [Electronic resource]. – URL: [http://svzd.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE\\_ID=11&layer\\_id=4069&refererLayerID=4069&id=7173](http://svzd.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE_ID=11&layer_id=4069&refererLayerID=4069&id=7173) (reference date 19.03.2017).
2. Operation guide «Mainline gas turbine locomotive GT1h» [Rukovodstvo po ekspluatatsii «Gazoturbovoz magistral'ny GT1h»] GT1h.00.000.000 RE in three parts. М., 2015. 244 p.
3. Buinosov A. P., Mishin Ya. A. Analysis of fail-safety of locomotive units VL11 on the basis of Pareto principle and Ishikava diagram [Analiz nadezhnosti uzlov elektrovozov VL11 na osnove printsipa Pareto i diagrammy Isikavy] // Scientific problems of transport of Siberia and Far East. 2013. № 1. P. 317–320. ISSN 2071-3827.
4. Gorsky A. V., Vorobyov A. A. Optimization of locomotive repairs [Optimizatsiya sistemy remonta lokomotivov]. М.: Transport, 1994. – 208 p.
5. Tsikhalevsky I. S., Vetlugina O. I., Kudayarov M. M. Evaluation of optimal parameters of tractive rolling stock repair technological process [Opreделение optimal'nyh parametrov tekhnologicheskogo protsessa remonta tyagovogo podvizhnogo sostava] // Herald of USURT. 2011. № 4 (12). P. 31–38. ISSN 2079-0392.
6. Tsikhalevsky I. S., Kudayarov M. M. Optimization of locomotive repairs on Sverdlovsk railway testing ground [Optimizatsiya organizatsii remonta lokomotivov na poligone Sverdlovskoy zheleznoy dorogi] // Transport of the Urals. 2008. № 1. P. 110–113. ISSN 1815-9400.
7. Golovaty A. T., Isayev I. P., Gorsky A. V., Buinosov A. P. The system of locomotive repairs on concrete sections of interchange [Sistema remonta lokomotivov na konkretnykh uchastkakh obrashcheniya] // Railway transport. 1992. № 7. P. 40–44. ISSN 0044-4448.
8. Buinosov A. P., Pyshny I. M., Tikhonov V. A. Repairs of locomotives without their decommissioning [Remont lokomotivov bez prekrashcheniya ih ekspluatatsii] // Herald of Irkutsk state technical university. 2012. V. 60. № 1. P. 85–91. ISSN 2500-1590.
9. Buinosov A. P., Tsikhalevsky I. S. Improvement of organizational level of technological process of routine repairs of electric locomotives [Povyshenie urovnya organizatsiya tekhnologicheskogo protsessa tekushchih remontov elektrovozov] // Scientific and technical herald of the Volga region. 2018. № 4. P. 33–35. ISSN 2079-5920.
10. JSCo «RZD» orders № 3р «About technical maintenance and repairs of JSCo «RZD» locomotives [Распоряжения ОАО «RZHD» № 3р «О системе технического обслуживания и ремонта локомотивов ОАО «RZHD»] (in ed. of ОАО «RZD» orders as of 22.06.2012 № 1246р). М., 2012. 11 p.

11. Technical and economic foundation of GT1h-002 gas turbine locomotive by results of exploitation tests [Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie gazoturbovoza GT1h-002 po rezul'tatam podkontrol'nyh ekspluatatsionnyh ispytaniy]. M., 2016. 82 p.
12. Gorsky A. V., Skrebkov A. V., Tsikhalevsky I. S., Chigimbayev T. O. Methods and algorithm of optimal distribution of locomotives around repair facilities [Metodika i algoritm optimal'nogo raspredeleniya lokomotivov po remontnym predpriyatiyam ] // Transport of the Urals. 2008. – № 3 (18). P. 25–27. ISSN 1815-9400.
13. Gorsky A. V., Skrebkov A. V., Tsikhalevsky I. S., Chigimbayev T. O. Optimal distribution of locomotives around railway repair facilities [Optimal'noe raspredelenie lokomotivov po remontnym predpriyatiyam seti zheleznyh dorog] // Herald of RSRU. 2008. № 3. P. 26–29. ISSN 0201-727X.
14. Buinosov A. P., Tsikhalevsky I. S. Improvement of organization of technical maintenance and repairs of locomotives [Sovershenstvovanie organizatsii sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta lokomotivov ] // Scientific and technical herald of the Volga region. 2018. № 5. P. 78–81. ISSN 2079-5920.

*Статья сдана в редакцию 23 апреля 2018 года*

О. Д. Покровская

## Методика и особенности идентификации логистических объектов железнодорожного транспорта

O. D. Pokrovskaya

## The identification technique and features of railway logistics facilities

### Аннотация

Клиентоориентированный подход применяется транспортными компаниями как ключевой инструмент антикризисного управления. При усилении борьбы за клиента, особенно в условиях снижения объемов общесетевой погрузки высокодоходных грузов, актуальными становятся новые способы расширения клиентской базы и формирования интереса клиента к транспортно-логистическим услугам, оказываемым ОАО «РЖД». Важнейшее условие клиентоориентированного сервиса – полная информированность клиентов об услугах. Для решения этих задач нами разработана уникальная система идентификации логистических объектов. В частности, в предлагаемую систему идентификации входит маркировочный знак, идентификационный номер и логистический класс железнодорожных грузовых станций, открытых для выполнения грузовых операций. Логистический класс отражает особенности имеющейся на станции логистической инфраструктуры и ассортимент дополнительного транспортно-логистического сервиса. Идентификационный номер представляет собой 12-символьный код, дающий актуальную информацию о логистическом объекте и служащий средством контроля и учета терминально-складской инфраструктуры холдинга. Для методического обеспечения системы идентификации подготовлен проект логистического руководства (систематизированное справочное пособие), разработана программа по автоматизированному присвоению классов, знаков и номеров для логистических объектов железнодорожного транспорта.

**Ключевые слова:** логистический объект, клиентоориентированность, маркировочный знак, идентификационный номер, логистическая классность станции, логистическое руководство.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-56-67

### Abstract

Client-oriented approach is applied by transport companies as the key instrument of crisis management. In aggravating competition for clients, especially in the conditions of decreasing high-paying freight shipments, new ways of the clients base expansion and formation of the client's interest to the transport and logistics services rendered by the JSC «Russian Railways» become especially relevant.

The primary condition of the client-oriented approach — the client's total awareness of the services rendered. In the furtherance of this goal, a unique system of logistics facilities identification was developed. In particular, the offered identification system includes the identification mark, identification number and logistics class of railway stations open for cargo operations. The logistics class reflects the features of the logistics infrastructure and the range of additional logistics services available at the station. The identification number represents a 12-characters code providing relevant information on a logistics facility and serving as a controlling and registering tool for the holding's terminal and warehouse infrastructure.

For methodological support of the identification system, a draft of a systematized logistics guidebook was prepared; a program providing automated assignment of the classes, identification marks and numbers to railway logistics facilities was developed.

**Keywords:** logistics facility, client focus, identification mark, identification number, station logistics rating, logistics guidebook.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-56-67

*Статья рекомендована к публикации М. А. Журавской, канд. техн. наук, доцентом Уральского государственного университета путей сообщения. E-mail: NZhuravskaya@usurt.ru.*

*The article is recommended for publishing by M. A. Zhuravskaya, Candidate of technical science, Associate Professor, Ural state university of railway transport. E-mail: NZhuravskaya@usurt.ru.*

**Оксана Дмитриевна Покровская**, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав» Сибирского государственного университета путей сообщения; г. Новосибирск, Россия. E-mail: insight1986@inbox.ru.

**Oksana Dmitrievna Pokrovskaya**, candidate of technical science, Associate Professor; chair «Logistics, commercial work and rolling stock», Siberian state university of railway transport; Novosibirsk, Russia. E-mail: insight1986@inbox.ru.

Применение ОАО «РЖД» клиентоориентированного подхода как элемента антикризисного управления в условиях борьбы за клиента обусловлено переходом клиентов на альтернативный способ доставки (автотранспортом) и к коммерческим логистическим операторам, что снижает объемы работы на местах общего пользования [1–3].

Как показывает анализ сложившейся на транспортно-логистическом рынке России ситуации, ОАО «РЖД» теряет потенциальных клиентов – они обращаются на частные логистические объекты хотя бы потому, что у заказчиков нет информации о комплексном сервисе на объектах холдинга. Соответственно, совершенно необходимо обновить сведения о логистических объектах и говорить с клиентом на одном языке, не злоупотребляя отраслевой терминологией\*.

Свойства информации, отраженные в Единой политике клиентоориентированности холдинга «РЖД» в области грузовых перевозок (распоряжение ОАО «РЖД» от 26 июля 2016 года № 1489р) [4], представлены в таблице 1.

Этим требованиям в полной мере должны соответствовать прикладные

решения по повышению клиентоориентированности работы транспортно-логистического бизнес-блока холдинга. В исследовании предлагается применить принцип клиентоориентированности в обозначении и информации о терминально-складских объектах.

Железнодорожный логистический объект (ЛО) – это объект терминально-складской инфраструктуры железнодорожного транспорта, выполняющий функции узлового элемента терминально-логистической системы по техническому обеспечению и практическому выполнению услуг погрузки, выгрузки, хранения и распределения грузов, включая доведение грузов до потребителя, при взаимодействии с др. участниками процесса перевозок [5].

Анализ научной и нормативной литературы в сфере железнодорожного транспорта [6–21] позволяет заключить:

- есть проблема нелогичности и неклиентоориентированности типологий ЛО;
- классификация и обозначения не содержат важных для клиента параметров;
- информация о ЛО не дает всей картины работы объектов терминально-

Таблица 1

Свойство	Содержание
Достоверность	Достоверна, если она отражает истинное положение дел у поставщика услуги
Полнота	Содержит все необходимые сведения, ее достаточно для понимания и принятия решения клиентом
Ценность	Важна для решения задачи, стоящей перед клиентом, и может найти применение в деятельности клиента по отгрузке продукции железнодорожным транспортом
Своевременность	Получена вовремя, что повлияло на его решение, связанное с отправкой продукции
Понятность	Выражена понятным языком
Доступность	Преподнесена клиенту в доступной форме, по общепринятым стандартам
Краткость	Информация по конкретному вопросу в интересах клиента изложена сжато и структурированно

\* Как, например, поступают производители лекарственных препаратов: ацетилсалициловую кислоту называют аспирином.

складской инфраструктуры, богатство их функционала;

– нет ГОСТа (законодательно закрепленного классификационного подхода к идентификации таких объектов);

– информация о ЛО рассредоточена по разным документам («Тарифное руководство», «Положение о грузовой станции», «Инструкция по кодированию объектов станций и грузов на железных дорогах» [22–25]) и, по сути, не является логистической;

– клиент видит только отдельные аспекты сервиса ЛО, значит, нет достоверной и доступной информации, что снижает эффективность работы железнодорожных ЛО, с одной стороны, и эффективность принимаемых клиентом решений, с другой [26];

– имеющаяся опосредованная форма представления информации (через таблицы и дополнительные переводные коды) крайне неудобна, значит, нужна прямая – по первым буквам, в натуральном выражении.

Для разработки предложений, соответствующих запросам сложившегося транспортно-логистического рынка, проведено маркетинговое исследование (опрос 10 крупных клиентов ЛО на станциях Новосибирского транспортного узла, а также сотрудников 10 предприятий и филиалов холдинга). По результатам анкетирования составлена сравнительная таблица, отражающая значимость показателей ЛО для клиентов и их обслуживания (таблица 2).

Таким образом, гипотеза о наборе значимых параметров ЛО для клиента-пользователя комплексным транспортно-логистическим сервисом в целом подтвердилась. Был сделан вывод о необходимости укрупнения и группировке ряда параметров, одинаково важных и для железнодорожного транспорта, и для клиента, в блоки.

Располагая информацией о значимости показателей и руководствуясь принципами политики клиентоориентированности, мы предлагаем закрепить

Таблица 2

Сравнительная таблица результатов анкетирования

Ответы респондентов, в баллах	Гипотеза	Ответы клиентов холдинга «РЖД»		Ответы работников холдинга «РЖД»	
		среднее значение	среднее отклонение	среднее значение	среднее отклонение
Тип ЛО	10	9,6	0,4	9,8	0,4
Ставка аренды склада	10	9,3	0,6	9,4	0,6
Затраты клиента	9	8,1	0,8	9,0	0,8
Тип складского помещения	9	7,6	0,8	8,7	0,5
Уровень сервиса	8	7,4	1,1	8,1	0,6
Тип дополнительного сервиса	8	8,3	0,9	8,7	0,5
Стоимость погрузочно-разгрузочных работ	7	4,7	1,2	5,2	0,8
Стоимость пользования инфраструктурой	7	4,7	0,7	5,1	0,7
Продолжительность погрузки-выгрузки 1 вагона	6	5,5	0,8	4,0	0,7
Полезная площадь хранения	5	7,5	0,9	7,3	0,5
Код станции АСУЖТ	5	9,7	0,4	9,6	0,4
Максимальная длина состава	3	5,5	0,8	3,6	0,8
Тип железнодорожного объекта на ЛО	3	7,6	1,1	6,6	0,6
Тип схемы выполнения грузовых операций	3	7,4	1,0	6,8	0,8

за каждой станцией, открытой для грузовых операций, логистический класс, индивидуальный идентификационный номер и маркировочный знак, благодаря которому клиент без труда получит ключевую информацию о логистическом сервисе, предоставляемом ЛО [27].

Логистический класс – цифра от 1 до 9, определяемая по баллам (по всем логистическим функциям и операциям, выполняемым на станции, с учетом их комплексности). Логистическому объекту можно присвоить от 6 (min) до 68 (max) баллов. Логистический класс станции присваивают эксперты (коммерческо-ревизионная служба, независимые эксперты, клиенты) по балльной методике; эта информация размещается в общесетевом доступе, что повышает клиентоориентированность ОАО «РЖД».

В отличие от действующей классности станций, логистический класс отражает особенности терминально-складской инфраструктуры, ассортимент транспортного, складского и комплексного логистического сервиса, т. е. параметры, важные для клиента.

Класс присваивается с учетом значений авторского коэффициента комплексности транспортно-логистического сервиса на ЛО –  $K_{лог}$  (отношение объема расширенного логистического сервиса к общему объему грузовой и коммерческой работы, выполняемой на станции) (таблицы 3–5).

Согласно таблицам-идентификаторам 1 и 2, а также с учетом коэффициента  $K_{лог}$  формируется логистический класс. В таблице 5 приводятся интервальные значения каждого из девяти классов (их балльной оценки) по

Таблица 3

Таблица-идентификатор, часть 1

Класс ж.-д. станции	Балл	Ж.-д. линии, кол-во	Балл	Общая площадь, га	Балл	Соотношение общего и собственно логистического сервиса, включительно	Балл	Пакет услуг	Балл	Класс складских зданий	Балл
Вне-классная	6	2	4	До 2	1	До 0,05	1	Стандарт	1	A	4
	5	3	5	До 5	2	До 0,1	2	Стандарт+	2	B	3
1	4	Более трех	6	До 10 г	3	До 0,15	3	Расшир.	3	C	2
2	3		4	До 15–20	4	До 0,25	4	Расшир.+	4	D	1
3	2		5	До 25	5	До 0,3	5	Комплекс. Мах	5		
4	1		6	До 30–40	6	До 0,4	6		6		
5			7	До 60–80	7	До 0,5	7				
		8	До 100	8	До 0,7	8					
			9	До 150	9	До 0,8	9				

Таблица 4

Таблица-идентификатор, часть 2

Транзитный пункт, припор. станция, наличие таможни	Балл	Повышение свойств груза	Балл	Таможенные услуги	Балл	Управление партией груза	Балл	Консалтинг	Балл	Взаимодействие с др. видами транспорта	Балл	Услуги мультимодального транспортного оператора	Балл
Да	4	Да	4	Да	4	Да	4	Да	4	Да	4	Да	4
Нет	0	Нет	0	Нет	0	Нет	0	Нет	0	Нет	0	Нет	0

Таблица 5

Таблица анализа результатов и присвоения классности

Тип ЛО	Обозначение класса	Интервал класса, баллов
Группа А (градация 4 балла), высшая		
МТЛЦ	9	64–68
ТЛУ	8	59–63
ТУ	7	54–58
Группа Б (градация 7 баллов), промежуточная		
ЛЦ	6	46–53
РЦ	5	38–45
ТТ	4	30–37
Группа В (градация 10, 9, 8 баллов), низшая		
ТСК	3	21–29
С	2	11–20
СП	1	10 и менее

Усредненные значения  $K_{\text{лог}}$  для группы А составляют 1,7 и более; Б – 1,2–1,6 включительно; В – менее 1,2.

значимым показателям в виде трех групп ЛО: А, Б и В. Их определение проводилось в условиях Новосибирского транспортного узла.

Присвоение класса можно выполнять вручную (с использованием таблиц-идентификаторов, анкет) либо с использованием авторского программного продукта «Программа управления репозиторием научного направления «Терминалистика» (свидетельство Роспатента № 2017617975 от 19.07.2017 г., правообладатель ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»).

Чем больше общая сумма баллов по результатам опроса, тем выше логистический класс. Подробно эта методика описана в [27–30].

Маркировка сжато, максимально удобно, графически информирует клиентов об особенностях и функциях ЛО, позволяет объективно подобрать рациональный логистический объект с учетом особенностей грузовой и коммерческой работы.

Известны маркировки сталей, сварочных электродов, а также система идентификационных номеров автомобилей VIN и др. Все они содержат исчерпывающие основные потребительские (эксплуатационные и технические) характеристики объектов посредством системы кодирования, состоящей из букв, цифр и символов\*. Задача маркировочного знака ЛО состоит в идентификация параметров, значимых для клиента при принятии решений. Применение для ОАО «РЖД» – пономерной учет объектов терминально-складской инфраструктуры, рекламные кампании для транспортно-логистического бизнеса.

Маркировочный знак – содержательная запись, по которой можно определить тип ЛО. Круг диаметром 50 м и 100 м устанавливается на ближайшем к центральному КПП фасаде крытого склада ЛО и на въездных воротах.

Состоит из основных зон (надписей): 1) грузы (номенклатура); 2) дислокация ЛО; 3) тип, площадь, оборудование и дополнительные услуги склада;

\* Например, морские фрахтовые документы содержат аббревиатуры на английском языке, позволяющие кратко и содержательно дать информацию о грузе, типе и условиях его перевозки. Это обеспечивает быстроту и простоту чтения, детальные сведения, одинаково удобные как для специалистов-транспортников, так и для потребителей транспортно-логистических услуг.

4) транспорт (степень мультимодальности, вместимость пути); 5) инвестиции (требуются ли дополнительные вложения клиента или нет).

Методика может использоваться в стандартизации, параметризации и коммерческой оценке ЛО железнодорожного транспорта и бизнеса.

Состав маркировочного знака показан на рис. 2. Условно маркировочный знак можно разделить на пять частей согласно обозначенным на рис. 2: кольцевая (1), центральная (2), левая (3) и правая (4), фоновая (5).

Как видно по рис. 2, на знаке используются цветные, цифровые, буквенные и графические указатели. При этом параметры ЛО указываются в натуральных значениях, что удобно читается клиентом.

Маркировочный знак не дублирует содержание идентификационных номеров ЛО и имеет целью максимально полное и сжатое указание ключевой информации о ЛО, значимой для клиента, в графической форме.

Рассмотрим состав маркировочного знака подробнее согласно рис. 2.

Часть 1 «Грузы». Указатель типологии грузов, перерабатываемых на ЛО.

Число цветных секторов указывает на число грузов, которые может перерабатывать данный ЛО. Цвет каждого сектора указывает на тип груза.

Часть 2 «Склад» (внешний аспект). Указатель типа, технических параметров, комплексности логистики, транспортной доступности (дислокации) ЛО.

Буквы русского алфавита: Р – грузовой район, грузовая площадка; С – склад, терминально-складской комплекс; Ц – распределительный центр; Т – транспортный терминал; Л – логистический центр; У – транспортно-логистический узел; М – мультимодальный транспортно-логистический центр.

Буквы латинского алфавита: А, В, С, D – классность складских зданий на ЛО.

Площадь хранения (в натуральном выражении): 250 – общая полезная площадь хранения грузов на ЛО, м<sup>2</sup>.

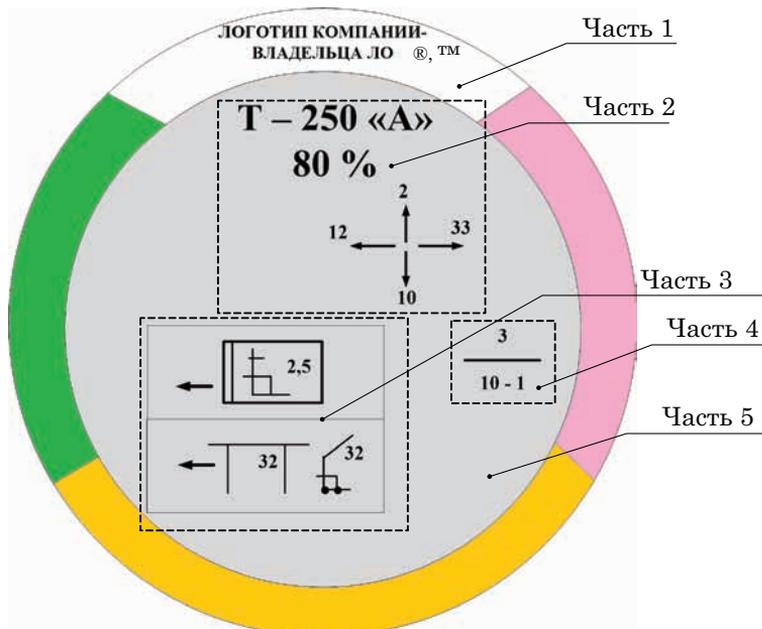


Рис. 2. Состав маркировочного знака  
часть 1 – грузы; часть 2 – склад (внешний аспект); часть 3 – склад (внутренний аспект);  
часть 4 – транспорт; часть 5 – инвестиции и дополнительные затраты)

Показатель комплексности логистического обслуживания на ЛО: 80% – «покрытие» стандартных транспортно-складских услуг дополнительным логистическим обслуживанием.

Показатель дислокации ЛО: стрелка указывает на наличие вблизи ЛО соответственно крупного транспортного узла, порта, таможенного пункта, автодороги федерального значения и его удаленность от ЛО в км. В случае, если ЛО находится в морском порту, железнодорожном узле и др., то в маркировке указывается стрелка без цифрового обозначения. В случае, если морской порт в транспортной доступности (до 300–400 км) отсутствует, то стрелка с обозначением будет полностью отсутствовать в маркировке.

Часть 3 «Склад (внутренний аспект, технико-компоновочное решение)». Указатель внутреннего технико-технологического решения и компоновки крытых складов и открытых площадок, типа примыкания ж.-д. пути к ним, типа ПРМ на ЛО.

В верхней части показано оборудование крытого склада ЛО. В нижней – открытой площадки.

Количество и тип объектов, имеющих в составе ЛО, определяет наличие/отсутствие элементов на этом указателе.

Указатель типа примыкания пути к крытому складскому комплексу на ЛО (стрелки).

Указатель типа применяемого на ЛО стеллажного (верхняя часть) и внутрискладского погрузочно-разгрузочного оборудования (верхняя, нижняя части) (с указанием его полезной грузоподъемности – 2,5; 32...). На маркировке изображается компоновка объектов для разных типов грузов, поскольку их внутреннее решение существенно отличается. В случае, если внутри объектов, входящих в ЛО, для однотипных грузов применяется несколько типов оборудования, указывается только один, преимущественный тип.

Часть 4 «Транспорт». Указатель эксплуатационных параметров железно-

дорожного транспорта (полагается, что в основе ЛО – железнодорожный транспортный объект): продолжительности оборота вагона в ЛО, количества вагонов в подаче и интервала подач (в натуральном выражении).

Числитель: 3 – средняя продолжительность оборота вагона в ЛО, ч. Допускается наличие в числителе нескольких позиций, равных числу типов вагонов, в которых поступают различные грузы на ЛО. В этом случае в числителе в круглых скобках указывается продолжительность оборота каждого типа вагона в той же последовательности, что и цветовой сектора на внешнем кольце маркировки (по типам грузов) в круглых скобках, например: 3 (2) (3).

Знаменатель: 10 – кол-во вагонов в одной характерной подаче. Допускается наличие в числителе нескольких позиций, аналогично предыдущему случаю. 1 – интервал подач, ч. Допускается наличие разделителя дробной части. Допускается наличие в знаменателе нескольких позиций, аналогично предыдущим случаям.

Часть 5 «Инвестиции». В фоновой части маркировки указывается необходимость инвестиций и/или дополнительных расходов клиента на ЛО.

Заливка серого цвета указывает на необходимость дополнительных инвестиций клиента в ЛО при покупке (наем персонала, автотранспорта, ремонт зданий, приобретение стеллажного, складского, погрузочно-разгрузочного оборудования и др.) и/или дополнительных затрат клиента при пользовании услугами ЛО. Отсутствие заливки говорит, что дополнительных затрат клиента не потребуются.

Рассмотрим еще один элемент системы идентификации ЛО – их идентификационные номера.

Идентификационный номер – гибкое актуальное коммерческое предложение для клиента в нескольких вариантах. Впоследствии потребуются создание общесетевой базы данных идентификационных номеров.

Таблица 6

## Идентификационный номер ЛО\*

1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
№ сетевого района	Порядковый № ЛО				Разделитель	Тип ЛО	Ставка аренды склада	Тип дополнительного сервиса	Резерв для 10	Затраты клиента	Тип ж.-д. объекта на ЛО	Резерв для 13	
8	5	8	0	0	1	–	Т	Н	Э	Л	0	К	П

\*85 (две позиции) – номер сетевого района в соответствии с ЕСР, 8001 (четыре позиции) – порядковый номер ЛО в сетевом районе; Т – указатель типа ЛО (одна позиция), Т – транспортный терминал (согласно авторской классификации ЛО); Н – арендная ставка (Н – 31–50 у.е./м<sup>2</sup>); Э, Л – указание на характер дополнительных услуг, реализуемых ЛО, а также на сложность логистической схемы (Э – услуги экспедирования, Л – лизинговые услуги); 0 – указание на необходимость дополнительных затрат клиента по аренде грузового оборудования, найму персонала, ремонту оборудования и здания и др. (0 – нет необходимости); К, П (одна-две позиции) – состав ЛО в соответствии с инструкцией по кодированию объектов станций и грузов на железных дорогах с учетом типа складирования, логистической роли объекта, типа перерабатываемого груза, возможно наличие нескольких объектов на ЛО, до двух позиций (К – контейнерный пункт, П – пункт перегрузки/перевалки груза) [27, 29].

Может использоваться на любом виде транспорта, для любой компании, владеющей/арендующей/управляющей ЛО, и включать информацию не только о ЛО, принадлежащих терминально-складской инфраструктуре ОАО «РЖД», но и компаниям (логистическим, транспортным и др.), имеющим ЛО разных типов (таблица 6).

Для методического обеспечения маркировки и идентификации объектов составлено логистическое руководство – систематизированное справочное пособие [29], разработана автоматизированная программа по присвоению логистических классов, составлению маркировочных знаков и идентификационных номеров для объектов терминально-складской инфраструктуры железнодорожного транспорта.

На основе проведенных исследований сделан вывод о необходимости последующего создания интегрированной системы управления логистическими процессами для контроля и оценки состояния для взаимодействия с клиентами и координации работы терминально-складской инфраструктуры железных дорог как единого информационного поля [26, 31].

Прямое прикладное назначение предложений заключается в удобстве инвентаризации, учета и контроля деятельности терминально-складской инфраструктуры железнодорожного транспорта, с одной стороны, и формирования гибких коммерческих предложений клиентам, с другой стороны. ■

**Литература**

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года / утв. распоряжением правительства Российской Федерации от 22.11.2008 года № 1734-р. URL: [http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?id=3771&layer\\_id=5104&STRUCTURE\\_ID=704](http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?id=3771&layer_id=5104&STRUCTURE_ID=704) (дата обращения: 11.04.2018).
2. Концепция комплексного развития контейнерного бизнеса в холдинге ОАО «РЖД». URL: [http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?id=5932&layer\\_id=5104&STRUCTURE\\_ID=704](http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?id=5932&layer_id=5104&STRUCTURE_ID=704) (дата обращения: 21.04.2018).
3. Концепция создания терминально-логистических центров на территории РФ. URL: <http://cargo.rzd.ru/> (дата обращения: 14.04.2018).
4. Единая политика клиентоориентированности холдинга «РЖД» в области грузовых перевозок (распоряжение ОАО «РЖД» от 26 июля 2016 года № 1489р). URL: <http://docs.cntd.ru/document/456025278> (дата обращения: 11.04.2018).

5. Покровская О. Д. Терминалистика: общие вопросы : монография. – Казань : Изд-во «Бук», 2016. – 142 с. ISBN 978-5-906873-28-6.
6. Железнодорожные станции и узлы / Ю. И. Ефименко, В. И. Апатцев и др. : под ред. В. И. Апатцева, Ю. И. Ефименко / М. : ФБГОУ УМЦ на ж.-д. транспорте, 2014. – 855 с. ISBN 978-5-89035-674-1.
7. Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы) / Н. В. Правдин, С. П. Вакуленко и др. ; под ред. Н. В. Правдина, С. П. Вакуленко. – М. : Маршрут, 2014. – 1084 с. ISBN 978-5-89035-619-2.
8. Бройтман Э. З. Железнодорожные станции и узлы. – М. : Маршрут, 2004. – 345 с. ISBN 5-89035-143-5.
9. Числов О. Н., Хан В. В. Научно-методический комплекс классификации железнодорожных узлов (на примере Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОА «РЖД»). URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16956> (дата обращения: 11.02.2018).
10. Маликов О. Б. Перевозки и складирование товаров в цепях поставок : монография. – М. : ФБГОУ УМЦ на ж.-д. транспорте, 2014. – 536 с. ISBN 978-5-89035-704-5.
11. Классификация складских помещений Knightfrank. URL: <http://www.knightfrank.ru/resources/pdf/research/ind.pdf> (дата обращения: 11.02.2018).
12. Europlatforms. ESE/TRANS/WP.24/2011. URL: <http://www.europlatforms.eu/> (дата обращения: 11.02.2018).
13. СТБ 2133–2010. Классификация складской инфраструктуры // Класіфікація складської інфраструктури : изд. офиц. / БелНИИТ «Транстехника». – Введ. 2011-07-01 / Минск : Госстандарт, 2010. 20 с.
14. Савченко И. Е., С. В. Земблинов, И. И. Страковский. Железнодорожные станции и узлы. – М. : Транспорт, 1967. Изд. 2-е, перераб. и доп. – 467 с.
15. Земблинов С. В., Бураков В. А., Обермейстер А. М., Поляков А. А. и др. Основы построения транспортных узлов / под общ. ред. С.В. Земблинова. – М. : Транспорт, 1959. 447 с.
16. Стыковые пункты транспортных узлов / под ред. К.Ю. Скалова и Г.С. Молярчук. – М. : Транспорт, 1977. – 184 с. (Институт комплексных транспортных проблем).
17. Железнодорожные станции и узлы / под ред. В. И. Апатцева и Ю. И. Ефименко. – М. : ФБГОУ «УМЦ по образованию на жд. транспорте», 2014. – 855 с. ISBN 978-5-89035-674-1.
18. Прокофьева Т. А., Сергеев В. И. Логистические центры в транспортной системе России : учебное пособие. – М. : Изд. дом «Экономическая газета», 2012. – 522 с. ISBN 978-5-905735-21-9.
19. Балалаев, А. С. Транспортно-грузовые системы железных дорог : учеб. пособие / А. С. Балалаев, И. А. Чернышова, А. Ю. Костенко. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2006. – 108 с.
20. Дыбская В. В. Управление складированием в цепях поставок / В. В. Дыбская. – М., Альфа-Пресс, 2009. – 720 с. ISBN 978-5-94280-355-1.
21. Миротин Л. Б. Логистика, технология, проектирование складов, транспортных узлов и терминалов / Л. Б. Миротин, А. В. Бульба, В. А. Демин. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2009. – 408 с. ISBN 978-5-222-15076-4.
22. Тарифное руководство № 1. Часть 1 (Правила применения тарифов). Прейскурант № 10-01: Тарифы на перевозки грузов и услуги инфраструктуры, выполняемые РЖД. – М. : Красный пролетарий, 2003. – 160 с.
23. Тарифное руководство № 4 (ред. от 28.11.2008, с изм. от 18.11.2010). Кн. 2. Ч. 1. Алфавитный список железнодорожных станций. – М. : Красный пролетарий, 2003. – 360 с.
24. Положение о железнодорожной станции (утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 31.05.2011 г. № 1186-р с изм. от 28.01.2015 г.). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902285883> (дата обращения: 11.02.2018).
25. Инструкция по кодированию объектов станций, наименований грузоотправителей, грузополучателей и грузов на железных дорогах (утв. 15.05.1970 г., № ЦМ/2706, по сост. на авг. 2014). URL: <http://www.alppp.ru/law/hozjajstvennaja-dejatel'nost/transport/38/instrukcija-po-kodirovaniyu-obektov-stancij-naimenovaniy-gruzootpravitelej-gruzopoluchatel.html> (дата обращения: 11.02.2018).
26. Куренков П. В. Проблемы создания ситуационно-аналитической системы управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте / В. П. Мохонько, В. С. Исаков, П. В. Куренков // Бюллетень транспортной информации. 2004. № 9. С. 22–27. ISSN 2072-8115.

27. Покровская О. Д. Логистическая классность железнодорожных станций // Вестник УрГУПС. №2(38). 2018. С. 68–76. ISSN 2079-0392.
28. Pokrovskaya O. D. Terminalistica as a new methodology for the study of transport and logistics systems of the regions / O. D. Pokrovskaya, etc. // Sustainable economic development of regions: part of monography, ed. by L. Shlossman. – Vienna : «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. 2014. 261 p. Pp. 154–177. ISBN 13-978-3-902986-72-6.
29. Покровская О. Д. Логистическое руководство: математические основы терминалистики, маркировка, классификация и идентификация логистических объектов железнодорожного транспорта : монография. – Казань : Изд-во «Бук», 2017. 281 с. ISBN 978-5-906873-52-1.
30. Покровская О. Д. Экономика России: прошлое, настоящее, будущее / К. Н. Ермолаев, И. Д. Афанасенко, О. Д. Покровская, Т. А. Прокофьева и др. : колл. монография / под общ. ред. Н. А. Адамова. – М. : ИТКОР, 2014. 248 с. С.116–143. ISBN 978-5-00082-006-3.
31. Покровская О. Д. Организационно-технические решения при проектировании грузовых терминалов в составе международных транспортных коридоров / О. Д. Покровская, В. М. Самуйлов // Инновационный транспорт. № 4. 2015. С. 13–24. ISSN 2311-164X.

#### Literature

1. Russian Federation transport strategy for the period as far as 2030 [Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda] / affirm. by RF government order as of 22.11.2008 №1734-p. URL: [http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?id=3771&layer\\_id=5104&STRUCTURE\\_ID=704](http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?id=3771&layer_id=5104&STRUCTURE_ID=704) (reference date: 11.04.2018).
2. The concept of integrated development of container business in JSCo «RZD». [Kontseptsiya kompleksnogo razvitiya konteynernogo biznesa v holdinge OAO «RZHD»] URL: [http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?id=5932&layer\\_id=5104&STRUCTURE\\_ID=704](http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?id=5932&layer_id=5104&STRUCTURE_ID=704) (reference date: 21.04.2018).
3. The concept of establishing terminal and logistics centres on the RF territory. [Kontseptsiya sozdaniya terminal'no-logisticheskikh tsentrov na territorii RF] URL: <http://cargo.rzd.ru/> (reference date: 14.04.2018).
4. Single customer-oriented policy of JSCo «RZD» in freight transportation [Edinaya politika klientoorientirovannosti holdinga «RZHD» v oblasti gruzovykh perevozok] (JSCo «RZD» order as of 26 July 2016 № 1489p). URL: <http://docs.cntd.ru/document/456025278> (reference date: 11.04. 2018).
5. Pokrovskaya O. D. Terminalistics: general issues: monograph. [Terminalistika: obshchie voprosy: monografiya] – Kazan : «Book» publ, 2016. – 142 p. ISBN 978-5-906873-28-6.
6. Railway stations and junctions [Zheleznodorozhnye stantsii i uzly] / Yu. I. Efimenko, V. I. Apatsev et al.: edited by V. I. Apatseva, Yu. I. Efimenko / M.: FBSEI TTC on railway transport, 2014. – 855 p. ISBN 978-5-89035-674-1.
7. Project development of railway transport infrastructure (stations, railway and transport junctions) [Proektirovanie infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta (stantsii, zheleznodorozhnye i transportnye uzly)] / N. V. Pravdin, S. P. Vakulenko et al. : edited by N. V. Pravdin, S. P. Vakulenko. – M. : Route, 2014. – 1084 p. ISBN 978-5-89035-619-2.
8. Broitman E. Z. Railway stations and junctions. [Zheleznodorozhnye stantsii i uzly] – M. : Route, 2004. – 345 p. ISBN 5-89035-143-5.
9. Chislov O. N., Khan V. V. Research and methodological complex of railway junctions classification (as exemplified by North Caucasian railway – JSCo «RZD» branch). [Nauchno-metodicheskiy kompleks klassifikatsii zheleznodorozhnykh uzlov (na primere Severo-Kavkazskoy zheleznoy dorogi – filiala OAO «RZHD»)] URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16956> (reference: 11.02.2018).
10. Malikov O.B. Transportation and stockpiling of goods in deliveries: [Perevozki i skladirovaniye tovarov v tsepyah postavok]: monograph. – M. : FBSEI TTC on railway transport, 2014. – 536 p. ISBN 978-5-89035-704-5.
11. Classification of warehouses Knightfrank. [Klassifikatsiya skladsikh pomeshcheniy Knightfrank] URL: <http://www.knightfrank.ru/resources/pdf/research/ind.pdf> (reference date: 11.02.2018).
12. Europlatforms. ECE/TRANS/WP.24/2011. URL: <http://www.europlatforms.eu/> (reference date: 11.02.2018).

13. СТБ 2133-2010. Classification of warehouse infrastructure [Klassifikatsiya skladskey infrastruktury] // offic.publ. / BelRI «Transtehnika». – Intro. 2011-07-01 / Minsk : Gosstandard, 2010. 20 p.
14. Savchenko I. E., S. B. Zemblinov, I. I. Strakovsky. Railway stations and junctions. [Zheleznodorozhnye stantsii i uzly] – M. : Transport, 1967, 2<sup>nd</sup> ed, revised and enlarged. – 467 p.
15. Zemblinov S. B., Burakov V. A., Obermeister A. M., Polyakov A. A. et al. Fundamentals of transport junctions construction [Osnovy postroeniya transportnyh uzlov] / edited by S. M. Zemblinov. – M.: Transport, 1959. 447 p.
16. Division points of transport hubs [Stykovyye punkty transportnyh uzlov] / edited by K. Yu. Skalov and G. S. Molarchuck. – M. : Transport, 1977. – 184 p. (Inst-te of complex transport problems).
17. Railway stations and junctions [Zheleznodorozhnye stantsii i uzly] / edited by V. I. Apatsev and Yu. I. Efimenko. – M.: FSBEI «TTC for education on railway transport», 2014. – 855 p. ISBN 978-5-89035-674-1.
18. Prokofieva T. A., Sergeev V. I. Logistic centres in Russia's transport system: [Logisticheskie centry v transportnoy sisteme Rossii]: workbook. – M. : «Economic gazette» publ. house, 2012. – 522 c. ISBN 978-5-905735-21-9.
19. Balalayev A. S. Railway transport and freight systems: [Transportno-gruzovyye sistemy zheleznyyh dorog] workbook / A. S. Balalayev, I. A. Chernyshova, A. Yu. Kostenko. Khabarovsk : FESRU publ., 2006. – 108 p.
20. Dybskaya V. V. Management of warehousing in supply chains [Upravlenie skladirovaniem v tsepyah postavok] / V. V. Dybskaya. – M., Alpha-Press, 2009. – 720 p. ISBN 978-5-94280-355-1.bb
21. Mirotin L. B. Logistics, technology, designing of warehouses, hubs and terminals [Logistika, tekhnologiya, proektirovanie skladov, transportnyh uzlov i terminalov] / L. B. Mirotin, A. B. Bulba, V. A. Demin. – Rostov-on-Don : Phoenix, 2009. – 408 p. ISBN 978-5-222-15076-4.
22. Tariff guide № 1. Part 1 (Regulations of tariff application). Price list 10-01: Tariffs for freight transportation and RZD-related infrastructure services. [Tarifnoe rukovodstvo № 1. CHast' 1 (Pravila primeneniya tarifov). Preyskurant № 10-01: Tarify na perevozki gruzov i uslugi infrastruktury, vypolnyaemye RZHD] – M. : Red proletarian, 2003. – 160 p.
23. Tariff guide № 4. (ed. As of 28.11.2008, with chan. As of 18.11.2010). B. 2. P. 1. Alphabetical list of railway stations. [Tarifnoe rukovodstvo № 4 (red. ot 28.11.2008, s izm. ot 18.11.2010). Kn. 2. CH. 1. Alfavitny spisok zheleznodorozhnyh stantsiy] – M. : Red proletarian, 2003. – 360 p.
24. Statue of railway station (affirm. by OAO «RZD» order as of 31.05.2011. №1186-p with chan. as of 28.01.2015). [Polozhenie o zheleznodorozhnoy stantsii (utv. rasporyazheniem OAO «RZHD» ot 31.05.2011 g. № 1186-r s izm. ot 28.01.2015 g.)] URL: <http://docs.cntd.ru/document/902285883> (reference date: 11.02.2018).
25. Instruction on coding station objects, names of consigners, consignees and cargos on railways (aff. 15.05.1970, № ИМ/2706). [Instruktsiya po kodirovaniyu ob'ektov stantsiy, naimenovaniy gruzootpraviteley, gruzopoluchateley i gruzov na zheleznyyh dorogah (utv.15.05. 1970 g., № CM/2706, po sost. na avg. 2014)] URL: <http://www.alppp.ru/law/hozjajstvennaya-deyatelnost/transport/38/instrukcija-po-kodirovaniyu-obektov-stancij-naimenovaniy-gruzootpravitelej-gruzopoluchatel.html> (reference date: 11.02.2018).
26. Kurenkov P. V. Problems of creation of situational and analytical control system over transportation process on railway transport [Problemy sozdaniya situatsionno-analiticheskoy sistemy upravleniya perevozhnym protsessom na zheleznodorozhnom transporte] / V. P. Mokhonko, V. S. Isakov, P. V. Kurenkov // Transport information bulletin. № 9. P. 22–27. ISSN 2072-8115.
27. Pokrovskaya O. D. Logistic classiness of railway stations [Logisticheskaya klassnost' zheleznodorozhnyh stantsiy] // Herald of the USURT. № 2 (38). 2018. P. 68–76. ISSN 2079-0392.
28. Pokrovskaya O. D. Terminalistica as a new methodology for the study of transport and logistics systems of the regions / O. D. Pokrovskaya, etc. // Sustainable economic development of regions: part of monography, ed. by L. Shlossman. – Vienna: «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. 2014. 261 p. Pp. 154–177. ISBN 13-978-3-902986-72-6.

29. Pokrovskaya O. D. Logistics manual: mathematical basis of terminalistica, marking, classification and identification of railway transport logistic objects: monograph. [Logisticheskoe rukovodstvo: matematicheskie osnovy terminalistiki, markirovka, klassifikatsiya i identifikatsiya logisticheskikh ob"ektov zheleznodorozhnogo transporta: monografiya] – Kazan : «Book» publ., 2017. 281 с. ISBN 978-5-906873-52-1
30. Pokrovskaya O. D. Russia's economics: past, present and future [Ekonomika Rossii: proshloe, nastoyashchee, budushchee] / K. N. Ermolayev, I. D. Afanasenko, O. D. Pokrovskaya, T. A. Prokofieva et al. : coll. Monograph / edited by N.A. Adamov. – M. : ITKOR, 2014. 248 p. P. 116–143. ISBN 978-5-00082-006-3.
31. Pokrovskaya O. D. Management and technical solutions in the design of cargo terminals as a part of international transport corridors [Organizatsionno-tekhnicheskie resheniya pri proektirovanii gruzovyh terminalov v sostave mezhdunarodnyh transportnyh koridorov] / O. D. Pokrovskaya, V. M. Samuylov // Innovatransport. № 4. 2015. P. 13–24. ISSN 2311-164X.

*Статья сдана в редакцию 17 мая 2018 года*

*В. А. Антропов, В. С. Бочко, М. Ю. Книсс*

## Развитие «зеленой» экономики России

*V. A. Antropov, V. S. Bochko, M. Yu. Kniss*

## Development of the «green» economy in Russia

### Аннотация

В современном экономическом пространстве формируется новая природосообразная модель человека как носителя нового качества человеческого капитала на базе активного осознания феномена «зеленой» экономики. Однако этот феномен до сих пор не подкреплен необходимыми теоретико-методологическими разработками и практико-ориентированными технологиями. Это касается и экономики России.

В статье обосновывается этапность комплексного решения этой проблемы: уточнение понятия «зеленая» экономика, установление места «зеленой» экономики в производственно-технологической цепочке и

в социально-экономической деятельности людей, обоснование специфики влияния национальных и региональных условий, ментальности местного населения на успешность осуществления «зеленой» экономики, обоснование перечня компетенций, которыми специалисты по «зеленой» экономике должны обладать.

Проводником всех идей должна стать система образования и воспитания человека и гражданина на государственном уровне как носителя формируемого человеческого капитала.

В статье подробно анализируется сочетание понятий экологический менеджмент, «зеленая» экономика, циркулярная экономика как

новые социально-экономические феномены.

Актуальность экологической проблематики показана на примере формирования водоснабжения и водотведения в Екатеринбурге.

**Ключевые слова:** человеческий капитал, экологический менеджмент, «зеленая» экономика, циркулярная экономика, профессиональные стандарты, образовательный потенциал.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-68-83

### Abstract

In modern economic space the new nature-friendly model of the person carrying the new quality of human capital on the basis of active understanding of the «green» economy

*Статья рекомендована к публикации В. М. Сай, д-ром техн. наук, профессором Уральского государственного университета путей сообщения. E-mail: vsay@usurt.ru.*

*The article is recommended for publishing by V. M. Say, Doctor of technical science, Professor of the Ural state university of railway transport. E-mail: vsay@usurt.ru.*

**Владимир Алексеевич Антропов**, д-р экон. наук, профессор, Уральский государственный университет путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: antrvl49@yandex.ru.

**Владимир Степанович Бочко**, д-р экон. наук; Институт экономики УрО РАН; Екатеринбург, Россия. E-mail: VBochko@mail.ru.

**Максим Юрьевич Книсс**, аспирант, Уральский государственный университет путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: knissmax@mail.ru.

**Vladimir Alexeyevich Antropov**, Doctor of economic science, Ural state university of railway transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: antrvl49@yandex.ru.

**Vladimir Stepanovich Bochko**, Doctor of economic science, Russia's Academy of sciences Ural branch, Institute of Economics; Ekaterinburg, Russia. E-mail: VBochko@mail.ru.

**Maxim Yurievich Kniss**, post graduate student, Ural state university of railway transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: knissmax@mail.ru.

Статья подготовлена при финансовой поддержке проекта фундаментальных исследований Уральского отделения Российской академии наук № 18-6-7-18 «Научно-технологическое развитие регионов на принципах зеленой экономики», проект «Научно-технологическое развитие регионов на принципах зеленой экономики» (руководитель В. С. Бочко), 2018–2020 гг.

The article has been prepared under financial support of The Ural branch of the Russian academy of Sciences fundamental studies project № 18-6-7-18 «Science and technology development of the regions based on green economy principles», project «Science and technology development of the regions based on green economy principles» (supervisor V. S. Bochko), 2018–2020.

phenomenon is formed. However, the phenomenon in question is still not supported with necessary theoretical, methodological framework and practically oriented technologies that also concerns Russia's economy.

The stage-by-stage approach to the complex solution of this problem is grounded in the article. The following stages are supposed: clarification of the «green» economy concept; identification of its place in the production chain and in human

social and economic activity; justification of the specific influence on the «green» economy successful implementation caused by national and regional conditions and local mentality; specification of the competencies essential to the «green» economy specialists.

The system of education of the person and citizen as a bearer of potential human capital at the state level is seen as the conductor of the ideas outlined.

The combination of such concepts as the ecological

management, the «green» economy, the circular economy as new social economic phenomena is analyzed in detail.

The relevance of ecological issues is shown on the example of water supply and disposal in Yekaterinburg.

**Keywords:** human capital, ecological management, «green» economy, circular economy, professional standards, educational potential.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-68-83

Российское общество постепенно отходит от методологического осмысления проблем места и роли человека в природной среде, понимая, что необходимо сформировать на государственном уровне новую природосообразную модель человека как носителя нового качества человеческого капитала. Это однозначно связано с национальной идеей развития государства [1] и его экономики с позиций коэволюционного подхода [2].

Наше общество должно осознать феномен «зеленой» экономики не как определенную частность своей жизнедеятельности, а как синтетический вызов времени, меняющий экономическое и нравственно-этическое поведение людей в системе «человек-природа».

Но феномен «зеленой» экономики до сих пор в основном не подкреплен теоретическими разработками, а значит, нет нормативно-правовых актов, нет кадров для ее осуществления, не разрабатываются и соответствующие технологии. Подтверждением этого служит уклонение бизнеса, чутко реагирующего на новшества, от вкладывания своих ресурсов в развитие «зеленой» экономики, хотя при этом он наносит существенный ущерб природе и обществу.

*Прогресс человеческого общества возможен только в единстве с природой.*

В постиндустриальных странах проблемы экологического менеджмента решены на законодательном уровне, на уровне международных стандартов. Россия же, чтобы быть в общемировом тренде «зеленой» экономики, обязана поторопиться как в теории, так и на практике.

Для перехода к широкой практической деятельности по развитию «зеленой» экономики необходимо теоретически и методологически максимально полно описать складывающуюся проблему, предложить механизмы ее ограничения с последующим существенным снижением негативных действий. Требуется комплексное решение этой проблемы на следующих этапах:

1) внести ясность в само понятие «зеленая экономика» и раскрыть ее соотношение с другими категориями в их существенных признаках, характеризующими «зеленое» развитие (в том числе «низкоуглеродная экономика», «циркулярная экономика» и другие);

2) установить место «зеленой» экономики в производственно-технологической цепочке и в социально-экономической деятельности людей;

3) выделить специфику влияния национальных и региональных условий,

а также ментальности местного населения на успешность осуществления «зеленой» экономики;

4) составить перечень компетенций, которыми специалисты по «зеленой» экономике должны обладать;

5) определить эффективность (результативность, полезность) деятельности подготовленных специалистов по «зеленой» экономике.

Проводником всех идей должна стать система образования и воспитания человека и гражданина на государственном уровне как носителя формируемого человеческого капитала\*.

Подготовка работников с новым мышлением, активных носителей человеческого капитала, адекватного требованиям «зеленой» экономики, может быть организована в современной пространственно-временной среде, в другой дизайн-архитектуре, на базе новых информационно-коммуникативных технологий (ИКТ) обучения, творческими педагогами, с учетом сетевого подхода [3], на базе развивающейся экономики знаний [4].

### **«Зеленая» экономика – новый социально-экономический феномен**

Можно выделить несколько подходов к раскрытию содержания термина «зеленая» экономика.

Первый – общеэкономический методологический подход. Для него характерно рассмотрение «зеленой» экономики как нового типа экономических отношений, охватывающих все стороны жизни людей и выступающих как новый экономический феномен [5].

Второй подход – отраслевой. При его принятии «зеленую» экономику можно трактовать как выпуск экологически чистых продуктов питания или развития отдельных отраслей, например, электроэнергетики [6] и транспорта [7, 8].

Третий – технологический: переход всех производств на технологии, обеспечивающие создание экологически чистых промышленных и продовольственных товаров. Такая трактовка «зеленой» экономики по своей сути принципиально не отличается от понятий «экологическое природопользование» или «экологическая экономика», а поэтому выступает как их вариант.

Четвертый, базирующийся на учете роста общей и профессиональной культуры, условно можно назвать цивилизационным, или нравственно-технологическим: «зеленая» экономика – это «осознанный и научно обоснованный переход интеллектуально развитого общества не только на экологически чистые технологии во всех отраслях и сферах жизнедеятельности людей, включая быт и отдых, но и на эколого-нравственные отношения, переходящие в систему обычаев и традиций» [9, 10].

На первом уровне термин «зеленая» экономика становится основополагающим понятием проблемы нашего исследования; можно возвысить его и до уровня категории. Второй, третий и четвертый подходы можно назвать также путями уточнения сформированного понятия на отраслевом, технологическом и нравственно-технологическом уровнях.

Из рассмотренного ясно, что именно нравственно-технологический подход требует перехода общества от концепции экологизации производства к концепции экологизации всей человеческой жизнедеятельности.

#### *Основные направления решения проблем «зеленой» экономики*

1. Обоснование положения, что природные и социальные факторы суть интернальные (внутренние), а не экстернальные (внешние).

2. Формирование единства инновационно-экономического мышления

\* На решение этих проблем направлена программа УрО РАН «Научно-техническое развитие регионов на принципах зеленой экономики (2018–2020 гг.) и ее первый этап «Теоретико-методологическое обоснование феномена зеленой экономики как синтетического вызова времени и принципов ее функционирования».

и нравственно-этического поведения людей. В конечном счете, их разрывание и есть формирование интеллектуально и нравственно развитого общества.

3. Направление теоретических усилий на создание «зеленого счетоводства», т.е. обоснование показателей выпуска продукции и услуг, корректирующих ВВП на загрязнение окружающей среды (лесов, водоемов, флоры и фауны) и истощение природных ресурсов.

4. Подчинение образовательно-воспитательного процесса подготовки квалифицированного персонала формированию единства социальной, экономической и нравственно-этической сторон жизни человека и общества в виде «зеленой» экономики, включающей экологическую безопасность, энергосбережение, использование альтернативных источников энергии.

Одним из следствий этой деятельности должно стать возникновение совокупного территориального знания по «зеленой» экономике. Чем оно развитее, тем более жизнестойкой является территория [11]\*.

Уровень развития техники и технологий определяет соответствующий уровень уклада. Экологический менеджмент, биотехнологии, нано-

технологии – для мирового сообщества это шестой технологический уклад [12].

Сегодня каждый человек является свидетелем и участником традиционной линейной модели производства, основанной на принципе получения сырья, изготовления продукта и выбрасывания отходов: «добываем-производим-выбрасываем» [13]. Такая экономика нежизнеспособна перед лицом экологических и экономических ограничений и вызовов, она уже вышла за пределы ограниченных мировых ресурсов.

Актуальность экологической проблемы отчетливо видна на примере формирования водоснабжения и водоотведения в Екатеринбурге [15]. Используемая вода со всех городских территорий собирается системой канализационных коллекторов, транспортируется на Южную и Северную аэрационные станции и после прохождения на них механической и биологической очистки сбрасывается в реки Исеть и Пышму (таблица 1). Данные для субъектов РФ приведены в таблицах 2, 3.

Как видно из таблицы 1, доля населения Свердловской области, подверженного химической нагрузке по приведенным видам загрязнений, достаточно велика. Люди страдают не только от загрязнения атмосферного воздуха (59,9%, или 2 млн 465,4 тыс. чел.),

Таблица 1 [16]

Комплексная химическая нагрузка на население Свердловской области в 2015 г.

Формирование химической нагрузки на население за счет загрязнения:	Численность населения, подверженного химической нагрузке, тыс. чел.	Доля населения, подверженного химической нагрузке, %
почв	2648,7	61,1
питьевой воды	2134,5	49,2
атмосферного воздуха	2465,4	59,9
продуктов питания	1850,1	42,7

\* На связь технологического развития с образованностью населения указывали многие специалисты, изучавшие вопросы технического прогресса. Так, известный американский историк экономики ДжозельМокир в работе «Дары Афины. Исторические истоки экономики знаний» (2002), проанализировав многочисленные исторические свидетельства о причинах возникновения промышленной революции XVIII века, пришел к однозначному утверждению, что «главный корень экономического прогресса» заключается в «промышленном просвещении» [14].

Таблица 2 [18]

## Объем затрат на охрану окружающей среды в России

	2005 г.	2010 г.	2015 г.
Млн руб. в фактически действовавших ценах	233930	372382	562449
В% к ВВП	1,1	0,8	0,7

Таблица 3 [19]

Удельный вес организаций, осуществлявших инновации, обеспечивающие повышение экологической безопасности в процессе производства товаров, работ, услуг, по видам экономической деятельности (в процентах к общему числу организаций, осуществлявших экологические инновации соответствующего вида экономической деятельности)

	2011 г.	2013 г.	2015 г.
Сокращение материальных затрат на производство единицы товаров, работ, услуг	55,9	53,6	45,3
Сокращение энергозатрат на производство единицы товаров, работ, услуг	58,6	58,3	55,8
Сокращение выброса в атмосферу диоксида углерода (CO <sub>2</sub> )	33,8	43,6	43,0
Замена сырья и материалов на безопасные или менее опасные	37,9	44,1	40,5
Снижение загрязнения окружающей среды (атмосферного воздуха, земельных, водных ресурсов, уменьшение уровня шума)	63,2	83,7	79,8
Осуществление вторичной переработки (рециркуляции) отходов производства, воды или материалов	38,7	49,8	46,5

на что чаще всего обращается внимание, но и от качества питьевой воды (49,2%, или 2 млн 134,5 тыс. чел.), и от загрязненности почв (61,1%, или 2 млн 648,7 тыс. чел.). От химически загрязненных продуктов питания страдает 42,7% населения, или 1 млн 850 тыс. человек.

С точки зрения химической нагрузки на население, к территориям риска в Свердловской области относятся такие муниципальные образования, как города Екатеринбург, Каменск-Уральский, Нижний Тагил, городские округа Кировградский, Ивдельский, Красноуральск, Красноуральск, Первоуральск, Полевской, Ревда, Верхотурский, Гаринский, Ирбитское, Новолялинский, Тавдинский, Талицкий, Тугулымский, Туринский, Серовский,

муниципальный округ Алапаевское, а также Байкаловский, Таборинский муниципальные районы – практически вся область.

Для изменения ситуации (таблицы 2, 3) необходимо улучшать не отдельные производства, не отдельные машины и механизмы, не отдельные технологии, а все стороны взаимодействия людей с природой, включая нравственно-этические отношения [17]\*.

Конечно, здесь становится дискуссионным вопрос о первичности формирования нравственно-этических отношений, а не об улучшении отдельных производств. Для нас в условиях непрекращающихся модернизаций в образовании они находятся на первом месте. Но это будет декларацией, если мы забудем

\* Вышедшие правительственные документы ориентируют на более конкретные энергетические и экологические показатели [20]. Указом президента РФ от 30 сентября 2013 года предусмотрено обеспечить к 2020 г. сокращение объема выбросов парниковых газов до уровня не более 75 % объема указанных выбросов в 1990 г. [21].

о коэволюционном подходе в развитии социально-экономических отношений и производственных отраслей.

Но образование постепенно превращается в высокорентабельную сферу бизнеса, а вместо знаний утверждаются профессиональные компетенции и соответствующие навыки и умения в виде товара, который в данный момент нужен бизнесу [22].

Так как работодателей не устраивает качество подготовки принимаемых на работу молодых специалистов, то они, не видя перспектив в улучшении ситуации, организуют собственную подготовку кадров, развивая внутрифирменную систему подготовки, открывая корпоративные университеты и другие обучающие структуры, думая даже и об открытии аспирантуры.

Обсуждение проблем профессионального образования идет уже не один год. Все они присутствуют и в сфере экологического образования. Их актуальность была сформулирована еще в 1992 году на конференции ООН по окружающей среде и развитию, где были определены задачи экологического образования как условия устойчивого развития. К ним отнесены:

- обеспечение просвещения по всем вопросам развития и сохранения окружающей среды;
- включение концепции развития и охраны окружающей среды во все учебные программы;
- поощрение всех секторов общества, включая промышленность, университеты, правительства, неправительственные общественные организации в подготовке кадров в области рационального использования окружающей среды и др.

Одна из проблем экологического образования и его эффективного практического применения на производстве в этом контексте существует лишь потому, что они, с позиции современной методологии, до сих пор не коррелируют друг с другом, у обеих систем – вузовской и производственной – разный понятийно-терминологический аппарат,

разные законы и принципы функционирования.

Есть два объединяющих начала: единая общегосударственная идея (видение и миссия) наверху (дедуктивное осмысление проблемы) и рабочее место внизу, в основании (индуктивный подход). Их встречное движение объединит (склеит) две подсистемы в одну, где каждому ее участнику будет комфортно строить прогнозы на свою жизнь от школьной скамьи до выхода на заслуженный отдых.

Методологически задача решается просто. Разрабатывается понимание новых экономических категорий («зеленая» экономика и «циркулярная» экономики) в их существенных признаках. Их четкая формулировка влечет за собой создание инструментария и шкал оценки этих признаков, формирование на их основе вызовов системы образования и воспитания по формированию этих признаков.

Сформулированные вызовы являются сигналами для системы профессионального образования и воспитания по формированию соответствующих профессиональных компетенций и стандартов, усвоение которых обеспечивает формирование человеческого капитала для «зеленой» экономики как нового миропонимания органической практически родственной связи человека и природы.

### **Экологический менеджмент**

Важную роль в осуществлении «зеленой» экономики играет экологический менеджмент. В общем виде его характеризуют как отрасль менеджмента, определяющую методологию, теорию и практику функционирования подсистемы управления предприятием, отвечающую потребностям и особенностям экологически ориентированного производства в его внешней и внутренней среде.

Важно понимать, что экологический менеджмент – это часть системы управления, направленная на решение

экологических вопросов\*. Это значит, что его осуществляют не просто люди, а специально обученные работники. Базовой чертой экологически ориентированного персонала должно быть развитое экологическое мышление, под которым мы понимаем совокупность взглядов, принципов, установок человека, основанных на рассмотрении явлений окружающей действительности с учетом его воздействия и человечества в целом на окружающую среду, обеспечивающих созидание, рациональное управление и эффективное пользование природных ресурсов.

Экологическое мышление обеспечивает коэволюционное (совместное) развитие человека и биосферы. Поэтому подготовка кадров, занимающихся вопросами экологического менеджмента, должна строиться на основе междисциплинарного подхода.

Чтобы экологический менеджмент был успешным, необходима разработка методологических и практических рекомендаций по формированию системы «зеленой» занятости в России и экологически ориентированного рынка труда [30]. Но понятия «зеленое» рабочее место и «зеленая» занятость до сих пор окончательно не сформировались\*\*.

Современные трактовки экологического менеджмента стремятся выделить в нем одну, по мнению того или иного автора, наиболее важную компоненту. Например, R. Gray, J. Bebbington, D. Walters, определяют эту деятельность как «совокупность реакций со стороны компаний на экологические проблемы при оценке их позиции

по отношению к окружающей среде» (R. Gray, J. Bebbington, D. Walters, 1993). Другие авторы трактуют экологический менеджмент как «экологически осознанное управление предприятием» (T. Dyllick, 1992; S. Kostka, 1997; G. Winter, 1990) H. Fischer, Q. Wucherer, B. Wagner, C. Burschel указывают, что – «это часть общего менеджмента, которая обеспечивает разработку, внедрение, выполнение и соблюдение экологической политики» (H. Fischer, C. Wucherer, B. Wagner, C. Burschel, 1997).

В работах отечественных ученых также наблюдаются различные подходы в использовании терминологии. По определению Е. И. Хабаровой, «экологический менеджмент – это экологически безопасное управление современным производством, при котором достигается оптимальное соотношение между экологическими и экономическими показателями». Э. М. Коротков, подчеркивая значение менеджмента в обеспечении взаимоотношения общества и природы, указывает, что «сферой и объектом экологического менеджмента является взаимодействие человека и природы» [31]. Наиболее полное определение термина экологический менеджмент дает Г. С. Ферару: «Экологический менеджмент (экологизация менеджмента) – инициативная и результативная деятельность экономических субъектов, направленная на достижение их собственных экологических целей, проектов и программ, разработанных на основе принципов экоэффективности и экосправедливости» [34, 35]. Это тип управления, принципиально ориентированный

\* Научных и учебно-методических работ по проблемам экологического менеджмента существует много, включая монографии и учебники [23]. «Экологический менеджмент» как раздел имеется в вузовских учебниках «Менеджмент на транспорте» [24], «Экономика природопользования» [25] и др. Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии разработаны и действуют национальные стандарты Российской Федерации [26–29]. Однако законченного понимания сути экологического менеджмента пока не сложилось.

\*\* В докладах и отчетах Организации Объединенных Наций в рамках программы по окружающей среде (ЮНЕП) содержится трактовка понятий «зеленая» экономика, «зеленое» рабочее место, «зеленая» занятость [32]. В отчетах этих организаций указаны ключевые факторы создания экологически ориентированного рынка труда в странах мира, содержится статистика по созданным «зеленым» рабочим местам в «озелененных» странах мира [33]. Представители Организации Объединенных Наций не раз в своих выступлениях заявляли, что «зеленая» экономика может не только решить насущные экологические и социальные проблемы, но и стимулировать рост экономики, повысить уровень занятости населения в мире.

на формирование и развитие экологического производства, экологической культуры и жизнедеятельности человека. В свою очередь, понятие «экологизация» означает процесс внедрения технологических систем, управленческих и других решений, позволяющих повысить эффективность использования природных ресурсов при сохранении качества природной среды.

Другие авторы [36] говорят, что экологический менеджмент можно определить «эффективным методом управления в области защиты окружающей среды», направленным на последовательное улучшение в достижении их собственных экологических целей и задач, разработанных на основе самостоятельно принятой экологической политики. Экологическая политика понимается ими как совокупность основных принципов, обязательств и намерений деятельности предприятия в области охраны окружающей среды и рационального использования ресурсов.

Есть и другое представление, что экологический менеджмент – это управление в сфере общественного сознания, культуры, общественных отношений. Нельзя остановить прогресс технологий и не может производство не иметь отходов, в том числе и опасных. Поэтому только общественные отношения и культура человека, понимание им опасности позволяет нейтрализовать отрицательные последствия современных технологий. В этом случае экологический менеджмент становится проблемой не столько управления, сколько политики.

С нашей точки зрения, необходимо иным образом построить определение экологического менеджмента, усилив в нем концептуальную основу управления. В таком подходе и в нашем понимании экологический менеджмент:

1) новая ветвь экономического знания, позволяющая сформировать и реализовать современный тип управления, ориентированный на формирование и развитие не просто экологически ориентированного производства и экологической культуры всей

жизнедеятельности человека, а на развертывание зеленой экономики;

2) современная концепция управления производством и обществом по целям, критериям, приоритетам и мотивам развития «зеленой» экономики как социально-экономического феномена XXI в., базирующегося на необходимости людей жить в согласии с природой.

Можно сформулировать ряд направлений решения в России проблем экологического менеджмента с учетом усиления внимания к «зеленой» экономике.

Первое – это методология экологического менеджмента с особым выделением понятийно-терминологического аппарата. Требуется его конкретизация в аспекте родовидовых отношений, выделения категорий и понятий в их существенных признаках. При этом не следует забывать международные стандарты с уже формализованным понятийным аппаратом, внедряемые в России.

Второе направление – теоретические основы экологического менеджмента. Здесь требуется разработка единого понятийного аппарата, выявление принципов и закономерностей. В значительной мере можно опираться на исследования Э.М. Короткова [37] и других авторов [38–41].

Третье направление – это разработка экологического менеджмента как учебной дисциплины и учебного процесса. Наиболее разработанными являются такие вузовские учебники, как [42–44]. Кроме того, существуют и разработанные смежные учебные дисциплины. Например, учебная дисциплина «Экологическая статистика» раскрывает особенности использования статистических методов для описания, мониторинга и моделирования экологических систем. Она способствует прогнозированию состояния окружающей среды и связанных с ним социально-демографических явлений [45].

В основу обучения принципам и правилам развертывания «зеленой» экономики должно быть положено прекрасное утверждение английского философа Френсиса Бэкона (1561–1626 гг.),

приведенное в работе «Новый Органон» (1620). В ней он не только провозгласил целью науки увеличение власти человека над природой, но и заявил, что «природа побеждается только подчинением ей, и то, что в созерцании представляется причиной, в действии представляется правилом» [46]. Чтобы понять новизну этого утверждения, следует обратить внимание на полное название работы, которое в литературе не всегда упоминается. Оно звучит так: «Новый Органон, или истинные указания для истолкования природы».

### Циркулярная экономика и «зеленая» экономика

Циркулярную экономику считают новым достижением в развитии «зеленого» роста, высказываются и мнения, что такой термин должен заменить понятие «зеленая» экономика, поэтому

необходимо специально рассмотреть соотношение этих суждений.

Ученые и политики вводят в научный оборот различные понятия, включая такие, как «пределы роста», «устойчивое развитие», «циклическая экономика», «низкоуглеродная экономика», «эффективное природопользование», «энергосберегающая экономика», «экономика окружающей среды», «коричневая» экономика, «зеленая» экономика. Но каждый раз этого бывает недостаточно. Их первоначальное резко впечатляющее воздействие на людей быстро снижается и становится обычным. На этом фоне возникло еще одно понятие: «циркулярная экономика». Лингвистически оно произвело впечатление какой-то металлической звуковой режущей силы. Поэтому многие исследователи в мире и в России стали использовать это понятие, считая его более соответствующим современному научному языку\*.

\* В названиях научных статей стали раздаваться впечатляющие и обнадеживающие заявления, связанные с новой ролью циркулярной экономики. Так, президент Европейского инвестиционного банка Вернер Хойер назвал свою статью «Циркулярная экономика: ключ к решению проблем изменения климата». Фактически же он описывает жизненный цикл товара, но включающий «кругооборот, который положит конец практике потребления для свалки». Одновременно он делает важное замечание, говоря, что «технологические усовершенствования не являются чудодейственным средством от всех бед. Например, практика оцифровки сократила потребление бумаги, но при этом увеличилась добыча редкоземельных металлов, используемых в электронике» [47].

В статье Н. В. Пахомовой и К. К. Рихтера, которые в России одними из первых стали употреблять термин «циркулярная экономика», делается ссылка на одного из основоположников этого понятия, английского исследователя Эллен Маккарти (2013).

Они пишут: «Под циркулярной экономикой специалистами понимается экономика, которой свойствен восстановительный и замкнутый характер (EllenMacArthur, 2013). Для нее характерна минимизация потребления первичного сырья и объемов перерабатываемых ресурсов, которая сопровождается снижением отходов, направляемых на захоронение, при одновременном сокращении площадей, занимаемых соответствующими полигонами и неорганизованными свалками» [48].

Далее в этой же статье выделяются три ключевые особенности, присущие циркулярной экономике:  
во-первых, усиленный контроль за запасами природных ресурсов и соблюдением устойчивого баланса возобновляемых ресурсов для сохранения и поддержания на неистощимом уровне природного капитала;  
во-вторых, оптимизация процессов потребления путем разработки и распространения продукции, комплектующих и материалов, отвечающих самому высокому уровню их повторного использования;

в-третьих, выявление и предотвращение негативных внешних эффектов текущей производственной деятельности с целью повышения эффективности экономической и экологической систем.

Аналогичную позицию в понимании «циркулярной экономики» разделяют и другие российские авторы [49].

Для внесения ясности в распространение термина «циркулярная экономика» следует обратить внимание на существенную точность перевода английского слова «circular». Именно это слово перевели как «циркулярная». В то же время оно переводится как «круговая». Именно этот смысл заложен в ранее указанной статье Эллен Макартур «Towardsthecircularconomy». В ней говорится не о «циркулярной» экономике, а о «круговой» экономике, экономике замкнутого цикла, в которой ничего не теряется, в которой отходы не утилизируются, а повторно используются. Это экономика с реставрационной и регенерирующей (восстанавливающей) функцией.

Эллен Макартур, бывшая яхтсменка, в одиночку обогнувшая земной шар и установившая рекорд скорости кругосветного путешествия, в 2010 г. создала благотворительный фонд своего имени и через него стала продвигать идеи круговой экономики. Для этого она использует образовательные программы для учащихся всех возрастов, предоставляет их бесплатно на веб-сайте фонда. Эти ресурсы уже используются более чем половиной школ в Великобритании. Кампания Эллен Макартур была признана политически успешной, когда в 2012 г. Европейская комиссия приняла манифест в пользу круговой экономики.

У Эллен Макартур модель круговой, восстановительной экономики (по российской терминологии – циркулярной), строится на основе междисциплинарного, межатраслевого подхода и имеет свои нюансы. Она включает в себя не только непосредственно промышленную переработку использованных материалов, но и предполагает изначально выполнение ряда действий, в том числе проектных работ по созданию инновационного продукта, особое дизайнерское оформление будущего продукта, снижение экологической нагрузки на окружающую среду, активное использование возобновляемых источников энергии.

Круговая экономика, беря в свою основу замкнутые цепи поставок, ориентируется на принцип нулевых отходов. Этим она нацелена на прикладной экономический эффект, что важно для хозяйственной деятельности общества. Это ее главная и отличительная черта. Польза обращения к отходам неизмеримо велика. По некоторым оценкам, «в тонне электронных отходов содержится в 12 раз больше золота, чем в тонне золотой руды» [50].

Теория развития «зеленой» экономики показывает, что она не замыкается на узкопроизводственной экологической деятельности, а рассматривает человеческую жизнедеятельность значительно шире. Она включает в нее как минимум, три составных элемента: экономический, социальный и экологический. Из этого следует, что «зеленая» экономика опирается на идеи не только технических наук, но и философских, социологических, юридических и экономических. Она призвана обеспечить скоординированное и согласованное взаимодействие производственно-технических, социально-экономических и нравственно-этических отношений людей.

С этой точки зрения, механическое приравнивание «циркулярной экономики», т. е. круговой экономики, к «зеленой» экономике не представляется обоснованным.

«Зеленая» экономика в своей основе направлена на решение задач, рассчитанных на рост благосостояния людей в долгосрочной перспективе. Она пользуется не только производственно-техническими, но и властными инструментами для поощрения выпуска экологически чистой продукции, налоговыми инструментами для предотвращения вреда окружающей среде, стратегированием и программно-проектным планированием для согласования целей, действий и желаемых результатов.

Циркулярная экономика входит составной частью в это более широкое понятие – «зеленая» экономика.

Развитию «зеленой» экономики и ее составной части (циркулярной экономики) в значительной мере способствует распространение Интернета, с помощью которого как отдельные предприятия, так и города, регионы и целые страны могут оперативно получать информацию о новых производственных и социальных технологиях жизнедеятельности людей.

Есть и другая точка зрения: циркулярная экономика является следующим этапом развития «зеленой» экономики.

На этом этапе исследований мы не берем на себя ответственность за обоснования приоритета той или иной точки зрения. Сейчас важно другое. В известной Стратегии «Инновационная Россия-2020» [51] указаны пять ключевых задач для решения. И первая задача среди них – изменить людей, повысить восприимчивость к инновациям, расширить класс инновационных предпринимателей, создать атмосферу терпимости к риску. Для инновационной экономики нужен инновационный человек, тот, кто ориентирован на создание и внедрение инноваций во всех сферах общественной жизни с эффективным внедрением в теорию и экономическую практику основных положений «зеленой» экономики. Или циркулярной. Возможно, это всего лишь чистка понятийного аппарата, без изменения сути проблемы ноосферного развития нашей планеты Земля. Но так или иначе, для нас это первый этап рассмотрения проблемы формирования и развития человеческого капитала (образовательного потенциала) в цепочке экологический менеджмент – «зеленая» экономика – циркулярная (циклическая) экономика. К следующим этапам развития и обоснования нашего видения решения проблемы мы относим следующие:

- анализ вызовов «зеленой» экономики системе формирования и развития человеческого капитала. Формирование модели личности работника, носителя человеческого капитала для его реализации в условиях «зеленой» экономики,
- разработка институционального механизма развития инновационной восприимчивости человеческих ресурсов для «зеленой» экономики,
- разработка теоретико-методологических и организационно-методических основ формирования и развития человеческого капитала в целесообразно организованной пространственно-временной среде,
- разработка пространственных характеристик ареала развития человеческого капитала. Использование сетевых

структур. Архитектурно-планировочное обеспечение обучающихся технологий,

– разработка методологии, принципов и методов формирования системы знаний, направленной на опережающее развитие «зеленых специалистов»,

– разработка механизма мониторинга развития и оценки качества человеческого капитала, рейтингования образовательных учреждений, аккредитационных процедур,

– разработка движущего механизма развития человеческого капитала как диалектическое сочетание потребности личности в образовании и потребности организации в формировании внутрифирменной экономики знаний,

– разработка системы подготовки качественного профессорско-преподавательского состава, способного обеспечить формирование и развитие человеческого капитала для «зеленой» экономики. Определение инвариантного ядра профессионально значимых качеств ППС,

– оценка эффективности процесса развития человеческого капитала.

Время адаптации на рабочем месте как важнейший критерий качества подготовленного специалиста.

Представленные этапы и содержание исследований позволяют четко увидеть их цель, временные рамки ее достижения, оценить возможный социально-экономический эффект.

Несомненным достоинством предполагаемой работы является ее интегративный характер и наличие творческого коллектива, способного ее выполнить. Однако в этом заключается и проблема: как уравновесить позиции различных наук, не давая преимущества ни одной из них, отработывая базовую методологию исследований? Но мы не сомневаемся в необходимом наличии и единстве как минимум трех наук – интегративной экономики, психологии и педагогики. Они возьмут на себя ответственность за формулировку видения модели специалиста, востребованного «зеленой» экономикой и той технологией (механизмом), которая позволит его сформировать в аспекте конкретного «зеленого» рабочего места. ■

#### Литература

1. Антропов В. А. Проблемы модернизации и инноваций в российском профессиональном образовании. Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2013. 104 с. ISBN 978-5-94646-420-8.
2. Моисеев Н. Н. Коэволюция природы и общества. Пути ноосферогенеза // Экология и жизнь. 1997. № 2–3. С. 32–43.
3. Мезенцев Е. М., Антропов В. А., Гусев А. А. Управление развитием сетевых предпринимательских структур. Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2018. 159 с.
4. Попов Е. В., Власов М. В. Институты знаний. Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2012. 256 с. ISBN 978-5-94646-361-4.
5. Антропов В. А., Морозова Е. Н. Экологический менеджмент как научная отрасль современного знания // Вестник УрГУПС. 2014. № 4. С. 59–71. ISSN 2079-0392.
6. Анисимов С. П., Хузмиев И. К. Зеленая экономика» и электроэнергетика // Национальные проекты. 2013. № 6. С. 4–13.
7. Антропов В. А., Морозова Е. Н. Понятийно-терминологический аппарат формирования кадровой политики саморазвития промышленных и транспортных предприятий // Транспорт Урала. 2015. № 1. С. 19–26. ISSN 1815-9400.
8. Антропов В. А., Морозова Е. Н. Функции и экономические предпосылки реализации экологической политики на транспорте / Система управления экологической безопасностью. – Сб. тр. X Межд. заоч. научн.-практ. конф. – Екатеринбург, 30-31.05.2016. Екатеринбург : УрФУ, 2016. С. 63–67.
9. Бочко В. С. Зеленая экономика: содержание и методология познания // Известия Уральского государственного экономического университета. 2016. № 3 (65). С. 5–13. ISSN 2073-1019.

10. Антропов В. А., Морозова Е. Н. Экономические предпосылки развития транспортно-профессионального образования в России: нужна ли новая стратегия? // Вестник СамГУПС. 2016. №. 4. С. 46–51. ISSN 2079-6099.
11. Бочко В. С. Территориальная конъюгация и формирование интеллектуально-инновационного пространства // Экономика региона. 2010. №. 2. С. 26–37. ISSN 2072-6414.
12. Авербух В. М. Шестой технологический уклад и перспективы России (краткий обзор) // Наука. Инновации. Технологии. 2010. №. 71. С.159–166. ISSN 2308-4758.
13. Платонова И. С. Применение циркулярной экономики в сфере промышленных комплексов // Экономика, управление, финансы : материалы VIII Междунар. науч. конф. (г. Краснодар, февраль 2018 г.). Краснодар : Новация, 2018. С. 49–53. URL: <https://moluch.ru/conf/econ/archive/264/13653/> (дата обращения: 04.05.2018).
14. Мокир Дж. Дары Афины. Исторические истоки экономики знаний / пер. с англ. Н. Эдельмана / под ред. М. Ивановой. – М. : Изд. Института Гайдара, 2012. – 408 с. ISBN 978-5-9325-5348-0.
15. Бочко В. С., Букин В. П. Системы коммунальной инфраструктуры жилищного сектора (проблемы функционирования и эффективного развития). Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2009. С. 13–19. SBN 978-5-94646-247-1.
16. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Свердловской области в 2015 году. URL: <http://www.66.rospotrebnadzor.ru/303> (дата обращения: 20.06.2018).
17. Бочко В. С. Методологические подходы к пониманию зеленой экономики // Российские регионы в фокусе перемен. 2016. С. 217–227. ISBN 978-5-8295-0419-9.
18. Охрана окружающей среды в России в 2016 г. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1139919459344](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1139919459344) (дата обращения: 15.06.2018).
19. Охрана окружающей среды в России. 2012 г. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b12\\_54/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b12_54/Main.htm) (дата обращения: 15.06.2018).
20. О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики : Указ президента РФ // Российская газета. – Федеральный выпуск. – 2008. – № 4680.
21. Указ Президента Российской Федерации № 752 от 30 сентября 2013 г. «О сокращении выбросов парниковых газов. URL: <http://graph.document.kremlin.ru/page.aspx?1;3587363> (дата обращения: 10.07.2018).
22. Лукша П. В ожидании «девятого вала»: компетенции и модели образования для 21 века. URL: <http://www.slideshare.net/edu2035/gefmoscow-edcrunch-preparing-for-the-tide>. – 2015. (дата обращения: 17.20.2018).
23. Коробко В. И. Экологический менеджмент : учебное пособие. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 303 с. ISBN 978-5-238-01825-6.
24. Громов Н. Н., Персианов В. А., Усков Н. С. и др. Менеджмент на транспорте: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под общ. ред. Н. Н. Громова, В. А. Персианова. – М. : Изд. центр «Академия», 2003. – 528 с.
25. Магарил Е. Р., Березюк М. В., Рукавишников И. В. Экономика природопользования: междисциплинарный подход. М. : КДУ. 2013. 422 с. ISBN 978-5-91304-676-5.
26. ГОСТ Р 54003–2010. Экологический менеджмент. Оценка прошлого накопленного в местах дислокации организаций экологического ущерба. Общие положения. М. : Стандартинформ, 2011. 32 с.
27. ГОСТ Р 54134–2010. Экологический менеджмент. Руководство по применению организационных мер безопасности оценки рисков. Выбросы парниковых газов. М. : Стандартинформ, 2011. 40 с.
28. ГОСТ Р 54135–2010. Экологический менеджмент. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Защита экологических природных зон. Общие аспекты и мониторинг. М. : Стандартинформ, 2011. 40 с.
29. ГОСТ Р 54139–2010. Экологический менеджмент. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Изменение климата. М. : Стандартинформ, 2012. 33 с.
30. Бобылев Н., Захаров В. М. «Зеленая» экономика и модернизация. Эколого-экономические основы устойчивого развития // Бюллетень Института устойчивого развития

- Общественной палаты РФ «На пути к устойчивому развитию России». 2012. № 60. 90 с. ISSN 1726-4006.
31. Коротков Э. М. Концепция российского менеджмента. М. : Изд-во ДеКА, 2004. 896 с. ISBN 5-89645-036-2.
  32. UNEP. GEObrifing. DemystifyingMateriality: Hardwiring biodiversity and ecosystem services into finance. 2010. URL: <http://www.unepfi.org/publications/ecosystems-publications/demystifying-materiality-hardwiring-biodiversity-and-ecosystem-services-into-finance/> (дата обращения: 10.08.2018).
  33. UNEP. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. 2011.URL: <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/9816> (дата обращения: 10.08.2018).
  34. Ферару, Г. С. Экологический менеджмент в контексте экологизации системы управления и производства // Вестник Международного «Института управления». 2006. № 1–2. С. 78–84. ISSN 1813-4157.
  35. Ферару Г. С. Методологические аспекты формирования системы экологического менеджмента на предприятии // Экономика природопользования, 2009. № 1. С. 25–37. ISSN 2073-1019.
  36. Масленникова И. С., Кузнецов Л. М., Пшенин В. Н. Система экологического менеджмента для практиков : учебное пособие. – СПб, 2005. 200 с.
  37. Коротков Э. М. Концепция российского менеджмента. М. : Изд-во ДеКА, 2004. 896 с. ISBN 5-89645-036-2.
  38. Краснослободцева В. О. Организационно-экономический механизм экологического менеджмента на предприятиях ВПК : автореф. дис. ... на соиск. уч. ст. канд. экон. наук. – М. : Центр. науч.-исслед. ин-т судостроительной промышленности «Центр», 2011. 25 с.
  39. Мудрая А. В. Экономическая эффективность региональных систем экологического менеджмента // Вестник КГУ им. Н. А. Некрасова. Системный анализ: теория и практика. 2009. № 2. С. 76–78. ISSN 1998-0817.
  40. Пшеничный В. А. Учетно-аналитическое обеспечение экологического менеджмента предприятий газовой отрасли : автореф. дис. ... на соиск. уч. ст. канд. экон. наук. – Ставрополь : Сев.-Кавказ. гос. техн. ун-т, 2012. 20 с.
  41. Байсултанова Л. Б. Формирование организационно-экономического механизма управления развитием экологического туризма в регионе (на примере КБР) // Вестник СГУТиКД. 2012. № 3 (17). С. 10. ISSN 1996-9005.
  42. Пахомова Н., Рихтер К., Эндрес А. Экологический менеджмент: учебник для вузов. – СПб : Питер, 2003. 544 с. ISBN 5314001594.
  43. Залесский Л. Б. Экологический менеджмент : учеб. пособие для вузов. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2004. 219 с. ISBN 5-238-00643-8.
  44. Годин А. М. Экологический менеджмент : учебное пособие. – М. : Изд.-торг. корпорация «Дашков и К<sup>о</sup>», 2012. 218 с. ISBN 9-785-394-01414-7.
  45. Джонгман Р. Г. Г., Тер Браак С. Дж. Ф., Ван Тонгерен О. Ф. Р. Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов. М., 1999. 306 с.
  46. Бэкон Ф. Новый Органон, или истинные указания для истолкования природы / Бэкон Ф. Сочинения в двух томах. Т. 2. М. : «Мысль», 1978. 575 с.
  47. Хойер В. Циркулярная экономика: ключ к решению проблем изменения климата. URL: <https://obzor.press/press/12321-czirkulyarnaya-ekonomika-klyuch-k-resheniyu-problem-izmeneniya-klimata> (дата обращения: 30.06.2018).
  48. Пахомова Н. В., Рихтер К. К., Ветрова М. А. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // Вестник СПбГУ. Экономика, 2017. Т. 33. – Вып. 2. – С. 244–268. ISSN 1026-356X.
  49. Применение циркулярной экономики в сфере промышленных комплексов. URL: <https://moluch.ru/conf/ecop/archive/264/13653/> (дата обращения: 04.05.2018).
  50. Circulareconomy: whatitmeans, howtogetthere. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-importance-of-a-circular-economy> (дата обращения: 03.07.2018).
  51. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года. URL:<https://giod.consultant.ru/documents/1593085?items=1&page=5> (дата обращения: 10.07.2018).

## Literature

1. Problems of modernization and innovations in Russian vocational education. Ekaterinburg: [Problemy modernizatsii i innovatsiy v rossiyskom professional'nom obrazovanii]: Institute of economics, Ural branch of Russia's Academy of sciences, 2013. 104 p. ISBN 978-5-94646-420-8.
2. Moiseyev N. N. Co-evolution of nature and society. Ways of noospherogenesis [Koevolyutsiya prirody i obshchestva. Puti noosferogeneza] // Ecology and life. 1997. №. 2–3. P. 32–43.
3. Mezentshev E. M., Antropov V. A., Gusev A. A. Management of network entrepreneur structures development. [Upravlenie razvitiem setevykh predprinimatel'skikh struktur] Ekaterinburg : Ural branch of Russia's Academy of sciences, 2018. 159 p.
4. Popov E. V., Vlasov M. V. Institutes of knowledge. [Instituti znaniy] Ekaterinburg: Ural branch of Russia's Academy of sciences, 2012. 256 p. ISBN 978-5-94646-361-4.
5. Antropov V. A., Morozova E. N. Ecological management as scientific branch of modern knowledge [Ekologicheskiy menedzhment kak nauchnaya otrasl' sovremennogo znaniya] // Herald of USURT. 2014. №. 4. P. 59–71. ISSN 2079-0392.
6. Anisimov S. P., Khuzmiev I. K. Green economy and power supply industry [Zelenaya ekonomika i elektroenergetika] // National projects. 2013. №. 6. P. 4–13.
7. Antropov V. A., Morozova E. N. Research vocabulary for recruitment policy of industrial and transport enterprises self-development [Ponyatiyno-terminologicheskiy apparat formirovaniya kadrovoy politiki samorazvitiya promyshlennykh i transportnykh predpriyatiy] // Transport of the Urals. 2015. №. 1. P. 19–26. ISSN 1815-9400.
8. Antropov V. A., Morozova E. N. Functions and economic premises for realization of environmental policy on transport / Control system over environmental safety. [Funktsii i ekonomicheskie predposylki realizatsii ekologicheskoy politiki na transporte / Sistema upravleniya ekologicheskoy bezopasnost'yu] – Col. of works. X international virtual scientific and practical conference. – Ekaterinburg, 30-31.05.2016. Ekaterinburg : UrFU, 2016. 298 p. P. 63–67.
9. Bochko V. S. Green economy: content and methodology of cognition [Zelenaya ekonomika: sodержanie i metodologiya poznaniya] // Bulletin of the Ural state economic university. 2016. № 3 (65). P. 5–13. ISSN 2073-1019.
10. Antropov V. A., Morozova E. N. Economic premises for development of transport vocational education in Russia: do we need a new strategy? [Ekonomicheskie predposylki razvitiya transportnogo professional'nogo obrazovaniya v Rossii: nuzhna li novaya strategiya?] // Herald of Samara State Railway university. 2016. №. 4. P. 46–51. ISSN 2079-6099.
11. Bochko V. S. Territorial conjugation and formation of intellectual and innovational space [Territorial'naya kon'yugatsiya i formirovanie intellektual'no-innovatsionnogo prostranstva] // Economy of the region. 2010. №. 2. P. 26–37. ISSN 2072-6414.
12. Averbuch V. M. The sixth technological mode and Russia's perspectives (brief overview) [Shestoy tekhnologicheskiy ukhad i perspektivy Rossii (kratkiy obzor)] // Science. Innovations. Technology. 2010. №. 71. P.159–166. ISSN 2308-4758.
13. Platonova I. S. Usage of circular economy in industrial complexes [Primenenie tsirkulyarnoy ehkonomiki v sfere promyshlennykh kompleksov] // Economy, management, finance: materials of VIII Internat. scient. conf. ( Krasnodar, February 2018). Krasnodar: Innovation, 2018. P. 49–53. URL: <https://moluch.ru/conf/econ/archive/264/13653/> (reference date: 04.05.2018).
14. Mokir G. Athena's gifts. Historical sources of economic knowledge [Istoricheskie istoki ehkonomiki znaniy] / transl.from Eng. by N. Edelman / edited by M. Ivanova. – M. : Gaidar Institute Publishers, 2012. – 408 p. ISBN 978-5-9325-5348-0.
15. Bochko V. S., Bukin V. P. Systems of communal infrastructure of housing sector (problems of functioning and efficient development). [Sistemy kommunal'noy infrastruktury zhilishchnogo sektora (problemy funktsionirovaniya i effektivnogo razvitiya)] Ekaterinburg : Institute of economics, Ural branch of Russia's Academy of sciences, 2009. P. 13–19. SBN 978-5-94646-247-1.
16. About sanitary and epidemiology well-being of population in Sverdlovsk region in 2015. [O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Sverdlovskoy oblasti v 2015 godu] URL: <http://www.66.rospotrebnadzor.ru/303> (reference date: 20.06.2018).
17. Bochko V. S. Methodological approaches to understanding of green economy [Metodologicheskie podhody k ponimaniyu zelenoy ekonomiki] // Russian regions in spotlight of changes. 2016. P. 217– 227. ISBN 978-5-8295-0419-9.

18. Environmental protection in Russia in 2016. [Ohrana okruzhayushchej sredy v Rossii v 2016 g.] URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1139919459344](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1139919459344) (reference date: 15.06.2018).
19. Environmental protection in Russia in 2012. [Ohrana okruzhayushchej sredy v Rossii v 2012 g.] URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b12\\_54/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b12_54/Main.htm) (reference date: 15.06.2018).
20. About some measures to increase energy and ecology efficiency of Russian economy: RF President's Order [O nekotoryh merah po povysheniyu energeticheskoy i ekologicheskoy effektivnosti rossiyskoy ekonomiki: Ukaz prezidenta RF] // Russian newspaper. – Federal issue. – 2008. – № 4680.
21. Russian Federation President's Order № 752 as of September 30, 2013. «About reduction of greenhouse gases emissions. [Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii № 752 ot 30 sentyabrya 2013 g. «O sokrashchenii vybrosov parnikovyyh gazov» URL: <http://graph.document.kremlin.ru/page.aspx?1;3587363> (reference date: 10.07.2018).
22. Luksha P. «Preparing for the tide»: education competence and models for the 21<sup>st</sup> century. [V ozhidanii «devyatogo vala»: kompetentsii i modeli obrazovaniya dlya 21 veka.] URL: <http://www.slideshare.net/edu2035/gefmoscow-edcrunch-preparing-for-the-tide>. – 2015. (reference date: 17.20.2018).
23. Korobko V. I. Ecology management [Ekologicheskij menedzhment]: workbook. – M. : UNITY-DANA, 2012. – 303 p. ISBN 978-5-238-01825-6.
24. Gromov N. N., Persianov V. A., Uskov N. S. et al. Management on transport [Menedzhment na transporte]: workbook for higher school students / edited by N. N. Gromov, V. A. Persianov. – M. : «Academy» publishers, 2003. – 528 p.
25. Margaril E. P., Berezuyck M. V., Rukavishnikova I. V. Ecosystem exploitation economy: interdisciplinary approach. [Ekonomika prirodopol'zovaniya: mezhdistsiplinarny podhod.] M. : KDU. 2013. 422 p. ISBN 978-5-91304-676-5.
26. GOST P 54003–2010. Ecological management. Evaluation of the past accumulated in places of dislocation of ecological damage organizations. [Ekologicheskij menedzhment. Otsenka proshlogo nakoplenogo v mestah dislokatsii organizatsiy ekologicheskogo ushcherba.] General provisions. M. : Standardinform, 2011. 32 p.
27. GOST P 54134–2010. Ecological management. Guide for Application of organizational safety measures and risk evaluation. Emissions of greenhouse gases. [Ekologicheskij menedzhment. Rukovodstvo po primeneniyu organizatsionnyh mer bezopasnosti otsenki riskov. Vybrosoy parnikovyyh gazov.] M. : Standardinform, 2011. 40 p.
28. GOST P 54135–2010. Ecological management. Guide for Application of organizational safety measures and risk evaluation. Protection of ecological natural zones. General aspects and monitoring. [Ekologicheskij menedzhment. Rukovodstvo po primeneniyu organizatsionnyh mer bezopasnosti i otsenki riskov. Zashchita ekologicheskikh prirodnyh zon. Obshchie aspekty i monitoring.] M. : Standardinform, 40 p.
29. GOST P 54139–2010. Ecological management. Guide for Application of organizational safety measures and risk evaluation. Climatic changes. [Ekologicheskij menedzhment. Rukovodstvo po primeneniyu organizatsionnyh mer bezopasnosti i otsenki riskov. Izmenenie klimata.] M. : Standardinform, 2012, 33 p.
30. Bobylev N., Zakharov V. M. «Green» economy and modernization. Ecological and economic fundamentals of stable development. [«Zelenaya» ekonomika i modernizatsiya. Ekologo-ekonomicheskie osnovy ustoychivogo razvitiya.] // Bulletin of the Institute of stable development of the RF Public Chamber «On the way to Russia's stable development». 2012. № 60. 90 p. ISSN 1726-4006.
31. Korotkov E. M. The concept of Russian management. [Kontseptsiya rossiyskogo menedzhmenta] M. : DeKA publishers, 2004. 896 p. ISBN 5-89645-036-2.
32. UNEP. GEObrifing. Demystifying Materiality: Hardwiring biodiversity and ecosystem services into finance. 2010. URL: <http://www.unepfi.org/publications/ecosystems-publications/demystifying-materiality-hardwiring-biodiversity-and-ecosystem-services-into-finance/> (reference date: 10.08.2018).
33. UNEP. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. 2011. URL: <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/9816> (reference date: 10.08.2018).
34. Feraru G. S. Ecological management in context of ecologization of the management system and production [Ekologicheskij menedzhment v kontekste ekologizatsii sistemy

- upravleniya i proizvodstva] // Herald of the International «Institute of management». 2006. № 1–2. P. 78–84. ISSN1813-4157.
35. Feraru G. S. Methodological aspects of ecological management system at enterprise [Metodologicheskie aspekty formirovaniya sistemy ekologicheskogo menedzhmenta na predpriyatii] // Economy of ecosystem exploitation, 2009. № 1. P. 25–37. ISSN 2073-1019.
  36. Maslennikova I. S., Kuznetsov L. M., Pshenin V. N. The system of ecological management for experts [Sistema ekologicheskogo menedzhmenta dlya praktikov] : workbook. – SPb, 2005, 200 p.
  37. Korotkov e. M. The concept of Russian management. [Kontsepsiya rossiyskogo menedzhmenta] M. : DeKA publishers, 2004. 896 p. ISBN 5-89645-036-2.
  38. Krasnoboldtseva V. O. Organizational and economic mechanism of ecological management at Military and Production complex enterprises [Organizatsionno-ekonomicheskiy mekhanizm ekologicheskogo menedzhmenta na predpriyatiyah VPK]: extended abstract of Cand. Sci. (Economics) dissertation – Centre. Research Institute of shipbuilding industry 'Centre», 2011, 25 p.
  39. Mudraya A. V. Economic efficiency of regional systems of ecological management [Ekonomicheskaya effektivnost' regional'nyh sistem ekologicheskogo menedzhmenta] // Herald of KSU named after N. A. Nekrasov. System analysis: theory and practice. 2009. № 2. P. 76–78. ISSN 1998-0817.
  40. Pshenichny V. A. Analysis procurement of ecological management of gas industry enterprises [Uchetno-analiticheskoe obespechenie ekologicheskogo menedzhmenta predpriyatii gazovoy otrasli]: extended abstract of Cand. Sci. (Economics) dissertation. – Stavropol : North-Caucasian state technical University, 2012, 20 p.
  41. Baisultanova L. B. Formation of organizational and economic mechanism of management of ecological tourism in the region (as exemplified by KBR) [Formirovanie organizatsionno-ekonomicheskogo mekhanizma upravleniya razvitiem ekologicheskogo turizma v regione (na primere KBR)] // Herald of SSTU&KD. 2012. № 3 (17). P. 10. ISSN 1996-9005.
  42. Pakhomova N., Rikhter K., Andres A. Ecological management [Ekologicheskii menedzhment] : workbook for higher schools. – SPb : Peter, 2003. 544 p. ISBN 5314001594.
  43. Zalessky L. B. Ecological management [Ekologicheskii menedzhment] : workbook for higher schools. – M. : UNITY – DANA, 2004. 219 p. ISBN 5-238-00643-8.
  44. Godin A. M. Ecological management [Ekologicheskii menedzhment] : workbook. – M. : «Dashkov&Co» publishers, 2012. 218 p. ISBN 9-785-394-01414-7.
  45. Johngman R. G. G., Ter Braak S. G. F., Van Tongheren O. F. R. Data analysis in ecology of communities and landscapes [Analiz dannyh v ekologii soobshchestv i landshaftov]. M. : 1999, 306 p.
  46. Beckon F. New Organon, or true directions for interpretation of nature [Novy Organon, ili istinnye ukazaniya dlya istolkovaniya prirody] / Beckon F. Writings in two volumes. V. 2. M. : «Thought», 1978, 575 p.
  47. Khoyer V. Circular economy: a key to solution of climatic changes problems [Tsirkulyarnaya ekonomika: klyuch k resheniyu problem izmeneniya klimata]. URL: <https://obzor.press/press/12321-czirkulyarnaya-ekonomika-klyuch-k-resheniyu-problem-izmeneniya-klimata> (reference date: 30.06.2018).
  48. Pakhomova N. V., Richter K. K., Vetrova M. A. A shift to circular economy and closed supplies as a factor of stable development [Perekhod k tsirkulyarnoy ekonomike i zamknutym tsepyam postavok kak faktor ustoychivogo razvitiya] // Herald of SPbSU. Economics, 2017. V. 33. – Issue. 2. – P. 244–268. ISSN 1026-356X.
  49. Application of circular economy in the field of industrial complexes [Primenenie tsirkulyarnoy ekonomiki v sfere promyshlennyh kompleksov]. URL: <https://moluch.ru/conf/econ/archive/264/13653/> (reference date: 04.05.2018).
  50. Circular economy: what it means, how to get there. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-importance-of-a-circular-economy> (reference date: 03.07.2018).
  51. Strategy of innovational development of Russian Federation for the period as far as 2020 [Strategiya innovatsionnogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda]. URL:<https://giod.consultant.ru/documents/1593085?items=1&page=5> (reference date 10.07.2018).

*Статья сдана в редакцию 15 августа 2018 года*

Е. П. Пьяных

## «Мягкая сила» железных дорог

Е. P. Pyanykh

## The «soft power» of railroads

### Аннотация

Статья представляет собой философское осмысление транспортных систем в аспекте «мягкой силы» (soft power). Транспорт и транспортные коммуникации обладают «мягкой властью» над природным, социальным и индивидуальным бытием. Транспорт как технический артефакт обладает soft power в той мере, в какой способен обеспечить человеку и обществу власть над пространством и временем.

Транспортные системы как важнейший элемент экономической инфраструктуры и инструмент государственной политики служат необходимым инструментом «мягкой силы» государства. Для Российской Федерации развитие и модернизация путей сообщения, особенно их ключевого элемента – железных дорог – важный ресурс «мягкого влияния», поскольку способны обеспечить утверждение РФ в статусе мировой транспортной державы, а также социально-экономическую и туристическую привлекательность российских территорий.

Современный концепт «мягкой силы» позволяет рассматривать ее как инструмент формирования позитивного имиджа заинтересованного субъекта. Российские железные дороги в лице ОАО «РЖД» активно используют различные ресурсы для стимулирования потребительских и профессиональных предпочтений. К наиболее эффективным ресурсам «мягкого влияния» железных дорог можно отнести скорость, безопасность и комфорт, экологичность, социальную ориентированность, культурно-информационные ресурсы.

Эффективное сочетание и использование всех инструментов «мягкого влияния» остается необходимым условием успешной глобальной экономической конкуренции, социально-экономического использования и развития территорий, формирования позитивного имиджа российских железных дорог.

**Ключевые слова:** «мягкая сила», «мягкое влияние», техника, транспорт, транспортные коммуникации, железная дорога, пути сообщения, российские железные дороги.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-84-97

### Abstract

The article represents a philosophical interpretation of transport systems in the «soft power» aspect.

Transport and transport communications possess the «soft power» over natural, social and individual existence. Transport as a technical artifact possess the soft power in the extent that it is capable to provide the individual and society with power over space and time. Being the most important element of the economic infrastructure and the state policy instrument, transport systems serve as a necessary agent of the state «soft power».

Considering the Russian Federation, development and modernization of means of communication, especially of the key element – the railroads – is an important resource of the «soft influence» as the railroads are capable to assert the Russian Federation as a world transport power and ensure Russia's social, economic and tourist attractiveness.

The modern «soft power» concept allows considering it as a tool for shaping the stakeholder's positive image. JSC «Russian Railways» actively apply various resources for stimulation of consumer and professional preferences. The speed, safety, comfort, environmental friendliness, social focus and cultural information resources can be considered as the most effective assets of the railroads soft influence. The efficient combination and application of all the «soft influence» tools remain a necessary condition of successful economic competition, social and economic use and development of the territory and shaping a positive image of Russian railways.

**Keywords:** «soft power», «soft influence», equipment, transport, transport communications, railroad, means of communication, Russian railways.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-84-97

*Статья рекомендована к публикации Юлией Геннадьевной Поletaевой, канд. философ. наук, доцентом; кафедрой философии и истории Уральского государственного аграрного университета; Екатеринбург, Россия. E-mail: juliya.poletaeva@2-u.ru.*

*The article recommended for publishing by Yulia Gennadyevna Poletayeva, Candidat of philosophical science, Associate Professor; chair «Philosophy and History» of the Ural state agricultural university; Ekaterinburg, Russia. E-mail: juliya.poletaeva@2-u.ru.*

**Елена Павловна Пьяных**, канд. философ. наук, доцент; кафедра «Философия и история» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: lena.cogito@yandex.ru.

**Elena Pavlovna Pyanykh**, Candidate of philosophical science, Associate Professor; chair «Philosophy and History», Ural state university of railway transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: lena.cogito@yandex.ru.

Техника как социокультурный феномен – это объект серьезной философской рефлексии. В XX в. философия техники получила признание как самостоятельная область исследований, располагающая собственными целями, задачами, предметом и методологией. Разнообразие технических артефактов, их возрастающая социокультурная роль обусловили специализацию подходов в рамках гуманитарного анализа. Получили развитие социологические, антропологические, культурологические, эстетические исследования техники. Широкое предметное поле философии техники делает возможным выделение гуманитарных аспектов транспортных систем: собственный исследовательский дискурс обрели философия транспорта, социология транспорта, политология транспорта. Благодаря важнейшей роли в социальной и индивидуальной жизни транспорт обрел статус не только экономической, но и философской, а также социологической и политологической категории.

Ввиду сложности, полифункциональности современных транспортных систем их изучение целесообразно в рамках междисциплинарного анализа, с применением универсальных категорий и методологий. В качестве такой методологии используется концепт «мягкой силы» (soft power), получивший сегодня широкое применение и за рамками политических исследований.

Концепция «мягкой силы» разработана американским политологом Дж. Наем в 1990-е гг. как инструмент несилового влияния и превосходства США на мировой арене. Наибольшее распространение концепт «мягкой силы» получил в исследованиях внешнеполитических реалий последних 30 лет, что обусловлено глобальными изменениями на мировой арене (падение СССР, ограниченность или принципиальная невозможность применения военной силы, усиливающаяся конкуренция государств, борьба геополитических акторов за влияние и доминирование).

Концепция «мягкой силы» исходит из противопоставления двух типов власти: hard power («жесткой силой»), основанной на внешнем давлении (военном, экономическом, административном), и soft power («мягкой силой»), определенной Наем как «способность добиваться желаемого на основе добровольного участия союзников, а не с помощью принуждения или подачек» [1].

В наиболее распространенной трактовке понятие «мягкая сила» обозначает определенный ресурс, применение которого обеспечивает достижение поставленных целей без использования силы и жесткого принуждения: это «власть (мощь, энергия), обладающая свойствами пластичности, ненавязчивости, эфемерности, хрупкости, нежности, соблазнительности и даже женственности... Она действует таким образом, что субъекты свободно и добровольно ей подчиняются, воспринимают ее предписания как результат собственного самостоятельного выбора» [2].

«Мягкая сила» страны, согласно Наю, «прочно зиждется на трех основных источниках: культуре (язык, искусство, наука, качество образования и медицинских услуг, информационные ресурсы, спортивные достижения и т. п.), идеологии (привлекательная система ценностей, например, ценности свободы, равенства, личного благополучия и др.), внешней политике (широкая дипломатия). Также в качестве инструментов soft power могут быть использованы привлекательная экономическая, политическая, социальная модели заинтересованного государства. В конечном счете использование стратегии «мягкой силы» должно обеспечить формирование привлекательного имиджа субъекта soft power.

Существует большое количество зарубежных и отечественных исследовательских работ, посвященных проблемам soft power (Х. Моргентхау, Р. Кохейн, Ш. Бреслин, С. Льюкс, Ж. Бодрийар, В. Агеева, О. Русакова, Е. Панова, Г. Филимонов и др.), благодаря которым данный концепт раскрывается

не только в политическом, но в философском и культурологическом измерениях. Например, выделяется такой аспект практического применения «мягкой силы», «как бренд-имиджевая коммуникация. Этот вид коммуникации направлен на моделирование конкурентоспособных образов конкретных институтов и субъектов посредством специализированных технологий имиджирования, брендинга, рекламы, медийного фрейминга, медиакультурного импринтинга и др.» [3].

Таким образом, концепт «мягкой силы» получает универсальное измерение («нежная мощь», «соблазн», «неуловимая энергия», «неагрессивная власть») и может быть применен в качестве методологического основания общеполитического анализа техники и конкретно транспортных систем для выяснения их фундаментальных черт, новых сторон и возможностей.

Существует большое количество определений и концепций техники. Философия техники оперирует следующим: техника (от греч. *techne* – искусство, мастерство) – это «орудия и инструменты труда и любые искусственные устройства (артефакты), созданные человеком и используемые для преобразования окружающей среды, выступающие как средства труда для создания др. средств производства и предметов, необходимых для удовлетворения различных потребностей» [4]. Место и значение техники в человеческом универсуме, ее историческая, культурная и философская сущность определяются тем, что она представляет собой уникальное средство преобразования реальности и достижения власти над природой. Благодаря разнообразным техническим устройствам человек изменяет окружающую среду. Благодаря технике природа включается в человеческое бытие, становится его частью, обретает социокультурные качества.

Господство и власть – ключевые, на наш взгляд, понятия для философского осмысления техники. Речь идет не только о господстве над природой,

хотя в первую очередь техника предназначена для освоения природного универсума. Техника обретает все большую власть над собственным творцом, машины и механизмы накладывают на человека и общество определенные ограничения, что обусловило, например, богатую тематику научной фантастики.

Важнейшее качество любых технических объектов – их социальная ангажированность: бытие современного социума, процессы урбанизации, управления, мобильность и комфортное существование людей невозможно представить без эффективного функционирования технических систем. Очевидно, что техника производна от человеческих потребностей и ее функционирование невозможно без интеллектуального и ручного управления. Не менее очевидно, что и технология получила над человеком серьезную власть, и такая власть (при всех ее рисках и угрозах) воспринимается совершенно естественно. Будучи продолжением человеческой силы и воли к власти, техника стала материальным воплощением данной воли. Технические средства воспринимаются сегодня амбивалентно: с одной стороны, они являются необходимым условием свободы, с другой, определенным образом ограничивают эту свободу, делая существование человека зависимым от функционирования всевозможных технических устройств. И речь необязательно идет об ультрасовременных гаджетах, компьютерах и интернет-технологиях. Важнейшим элементом экономики и культуры был и остается транспорт: развитие современных государств, облик городов, удовлетворение множества социальных и индивидуальных потребностей во многом определяется функциональностью путей сообщения.

Рассмотрение транспортных коммуникаций в аспекте «мягкой силы» предполагает:

1) обзор философских оснований «мягкой силы» транспортных коммуникаций;

2) анализ роли транспортных систем как одного из инструментов «мягкой силы» государства;

3) soft power железнодорожных путей сообщения (на примере российских железных дорог).

Философия транспорта акцентирует внимание прежде всего на его онтологическом измерении: будучи объективной реальностью, транспортные системы обладают собственным бытием и определяющим образом влияют на бытие природы, общества, человека. «Мягкая власть» транспорта базируется на господстве над пространством и временем, которое служит продолжением человеческой воли к владычеству над миром, что предполагает расширение пространства обитания. Как существо биологическое человек сопричастен среде обитания; как субъект деятельности он стремится расширить границы существования, выйти за пределы «знаемого». Неосвоенное пространство всегда соблазняло человеческий род и его конкретных представителей: достаточно вспомнить историю великих географических открытий, колонизации, имперского расширения и т. п. Суть этих процессов – утверждение человеческого присутствия в мире. Покорение пространства равносильно факту бытия, существования «здесь и сейчас». Став сферой жизнедеятельности человека, пространство обретает социальное качество: абстрактная территория наполняется человеческим смыслом. Поскольку природные возможности рода человеческого, связанные с физическим перемещением, довольно ограничены, искусственным техническим средством, позволяющим решать задачу пространственной «социализации», стал транспорт.

Транспортные коммуникации были и остаются основным способом освоения пространства в истории человечества. Наличие водных и сухопутных путей изначально было необходимым и обязательным условием строительства и развития городских поселений. Без преувеличения можно сказать, что история

человечества – это история освоения пространства. Это непрерывный процесс установления разнообразных территориально-социальных связей, ставших основой общества в современном его понимании [5]. Освоение пространства означает его контроль, позволяющий извлекать определенные выгоды экономического, политического и социального характера.

«Мягкая власть» транспортных коммуникаций позволяет человеку обрести не только власть над пространством, но и над временем. Современные средства сообщения способны в считанные часы и дни перенести человека в различные точки материка и земного шара. Хрестоматийный пример: путешествие из Петербурга в Москву заняло у А. Радищева около недели, А. Пушкин проехал обратный путь за шесть дней. Сегодня скоростной поезд «Сапсан» доставит путешественника из одной российской столицы в другую в течение нескольких часов. Путешествие через океан также не проблема: авиасообщение связывает очень удаленные территории. Ни одно мероприятие, будь то экономический форум или Мундиаль, невозможно представить без возможности быстро и качественно преодолевать большие расстояния.

Даруя человеку власть над важными бытийственными измерениями – пространством и временем, транспорт придал социальному и индивидуальному бытию новые качества. Оно стало:

– более свободным, относительно независимым от природных и физических ограничений;

– достаточно «плотным», способным за короткий промежуток вобрать в себя большое количество событий и впечатлений;

– «сетевым», связанным, тесно сплетенным транспортными коммуникациями.

Освоение новых территорий придало дополнительный импульс цивилизационному, культурному и экзистенциальному бытию, открыв новые «точки бифуркации». Не случайно один из

излюбленных сюжетов киноискусства и литературы – вокзалы, порты, аэропорты, автомобильные трассы как место кардинальных изменений в человеческих судьбах (кинофильм «Вокзал для двоих» или роман «Анна Каренина» Л. Толстого, «Аэропорт» А. Хейли, «Убийство в Восточном экспрессе» А. Кристи и др.). Здесь на первый план выходят уже экзистенциальные аспекты, активно освоенные художественными средствами: любовь, боль, смерть, риск и т. п.

«Мягкая сила» транспорта ощутима также в сфере потребления и досуга. «Инстинкт перемещения», присущий любому живому существу, в социокультурном измерении принимает форму «соблазна путешествия». На реализации этого соблазна построена туристическая индустрия, предлагающая потребителю получать удовольствие от знакомства с новыми странами и континентами. Предполагается, что чем более удален данный туристический объект, тем он экзотичнее и привлекательнее для потребителя. «Инстинкт перемещения» реализуется в ощущениях пионера, первопроходца. Х. Колумб, А. Веспуччи, Васко да Гама, В. Беринг рисковали жизнью не только ради получения неведомых богатств, инстинкт первооткрывателя оказывался порой сильнее инстинкта самосохранения.

Современный российский турист, садясь в самолет, поезд или на пароход, примеряет на себя роль первооткрывателя *terra incognita*. Он откроет его заново, для себя, увидит собственными глазами и пройдет собственными ногами. Все эти возможности предлагает современный транспорт, способный доставить путешественника практически в любую точку земного шара. Более того, статусные признаки современного потребителя во многом определяют его потребностями и возможностями покорения пространства: удаленность туристического объекта, стоимость путешествия или экскурсии, доступность того или иного вида транспорта стали немаловажными признаками уровня благосостояния.

Развитие средств передвижения и транспортных коммуникаций, повышение их доступности и удобства мягко стимулируют «соблазн перемещения»: приобретение нового автомобиля или комфортное путешествие в СВ (вагоне класса «люкс»), перелет бизнес-классом становятся все более привлекательным средством повышения престижа и статуса как транспортного средства, так и потребителя. Современный транспорт стремительно воплощает мечты человека о скорости, свободе и комфорте, реализуя «нежную мощь» и притягательность техники и формируя деловую и потребительскую зависимость от последней.

Современный досуг также невозможно представить без передвижения. В «дотранспортную» эпоху свободным временем располагали в основном представители высших сословий, освобожденные от физического труда и обладающие минимальными средствами перемещения в виде конной тяги. Развитие и доступность дорожной системы и транспортных средств, выравнивание благосостояния и повышение уровня жизни позволили значительно демократизировать сферу досуга, сделали возможным автомобильные путешествия, морские круизы, использование авиа- и железнодорожных перевозок в целях путешествия. Автомобили и пригородные электропоезда, например, не только обеспечивают сезонную и маятниковую миграции населения, но и активно используются для организации различных мероприятий и досуга на лоне природы.

Техника в целом и транспорт в частности выполняют также еще одну важнейшую функцию, связанную с странством, – функцию социокультурной адаптации окружающей среды. Воля к покорению пространства предполагает перекаривание последней в соответствии с цивилизационными и культурными критериями. Данный процесс неизбежно сопровождается нарушением органического баланса, экологическими проблемами. Переход человечества

из естественного (природного) состояния в цивилизованное осуществлялся через преодоление враждебной среды, ее форматирование по законам человеческого общежития. Это порождало не только новые технические и технологические возможности, но и требовало разумного сочетания последних с экологическими нормами. В настоящее время, когда нарушение природного баланса принимает характер, угрожающий самому человеческому существованию, научно-техническая мысль оказывается перед проблемой соотношения капиталистических выгод и потребительских соблазнов не только с уровнем комфортности существования, но и принципами защиты окружающей среды и экономии ресурсов. Из всех видов транспорта наименьший урон окружающей среде наносит железнодорожный (наиболее экономичный), тем не менее загрязнение атмосферы, почвы, ландшафта по ходу железнодорожных путей – серьезная проблема.

Транспортные системы можно также рассматривать в качестве инструмента «мягкой силы» государства. Политология транспорта делает акцент на том, что, во-первых, «транспорт – это не только важнейший компонент продуктивной инфраструктуры, самостоятельная отрасль экономики страны и мирового хозяйства в целом, но и инструмент государственной политики (в том числе геополитических стратегий)» [6]. Во-вторых, автор концепции *soft power* Дж. Най выделял в качестве ресурсов реализации стратегии «мягкой силы» привлекательность национально-государственной экономической модели, что обеспечивается благодаря реализации крупных инфраструктурных проектов, в том числе и за пределами своих государственных границ. К таким проектам можно отнести как создание новых транспортных коммуникаций, так и прорывную модернизацию существующих: «...весь мир в приоритетном развитии транспортной системы видит серьезный ответ новым вызовам современности» [7]. В-третьих,

удобная транспортная инфраструктура в сочетании с эффективными мерами государственной поддержки создает условия не только для торгово-экономического развития и привлечения инвестиций, но обеспечивает также культурную и туристическую привлекательность территорий.

Эффективное функционирование и модернизация транспортных коммуникаций определяют как глобальные, так и локальные параметры политического и социально-экономического развития конкретной территории: конкурентные преимущества государства в условиях глобальной экономики; уровень социально-экономического развития конкретной территории (страны, региона, поселения); степень комфортного проживания людей; туристическую привлекательность и др. Применительно к Российской Федерации, это особенно актуально: наличие развитых, эффективно функционирующих доступных путей сообщения для пространственно-сухопутного протяженного государства всегда было и остается не только условием передвижения людей и перемещения грузов, но и условием сохранения государственной целостности. Однако меняющаяся внешнеполитическая обстановка, смена политических и экономических союзников и партнеров ставят перед транспортной инфраструктурой российского государства новые задачи. Динамичное развитие мировой транспортной системы сопровождается активным внедрением инноваций, к которым наше государство сегодня не очень-то готово. А это означает, что *soft power* транспортных коммуникаций пока еще используется российской властью недостаточно.

«Мягкую силу» транспортных коммуникаций оптимально рассматривать на примере железнодорожных путей сообщения, потому что именно железные дороги в условиях российской реальности остаются наиболее востребованным видом транспорта. Всепогодность, способность осуществлять массовые перевозки людей и грузов при относительно

высоких скоростях и низких издержках, более-менее свободное размещение, надежность, регулярность, универсальность вне зависимости от времени года, суток, условий погоды [8] делают железнодорожное сообщение ведущим звеном в транспортной системе РФ. Именно железные дороги наилучшим образом обеспечивают реализацию государственных функций объединения, освоения и заселения огромных российских территорий.

Развитие железных дорог в России изначально стало важным средством, обеспечившим включение страны в европейский и азиатский рынки: уже в первый период (сер. XIX в.) железные дороги соединили главные торговые центры страны – Москву и Санкт-Петербург – не только между собой, но и с Западной Европой, а концу XIX – нач. XX вв. железнодорожное сообщение вышло в морские порты и в среднеазиатский регион. Сегодня российская транспортная система должна соответствовать новейшим технико-технологическим интеллектуальным стандартам, отвечать всем требованиям рынка, иначе неизбежно конкурентное отставание не только в отрасли, но и в глобальной экономике.

Не касаясь сугубо специфических сторон функционирования железнодорожной отрасли, отметим, что транспорт, особенно железнодорожный, служит для России системообразующим фактором не только экономики, но и территории в целом, его «мягкая сила» связана с системным качеством, подразумевающим в первую очередь интеграцию в международные транспортные коридоры (МТК), реализацию проектов по сооружению высокоскоростных железнодорожных магистралей, повышение уровня безопасности перевозок и т.п. Мировоззренческим и специальным проблемам развития железнодорожной отрасли посвящена монография Б.М. Лапидус и Л.В. Лапидус «Железнодорожный транспорт: философия будущего», в которой обоснованно и компетентно описаны перспективы

развития железных дорог как мировых, так и российских [9]. Акцент делается на создании устойчивой, доступной транспортной среды, обеспечении технической безопасности подвижного состава и личной безопасности пассажиров, мультимодальной правовой и технологической основы, конкурентоспособного роста качества услуг и транспортных продуктов, лидирующего уровня энергоэффективности и экологичности на транспортном рынке, межтранспортной конвергенции и некоторых других векторов развития железнодорожной отрасли. По мысли авторов, реализация этих проектов должна обеспечить не только устойчивое развитие отрасли, но, как нам кажется, и решение гуманитарных задач. Последние можно охарактеризовать как элементы «мягкой силы» российского государства, поскольку совершенствование транспортной инфраструктуры позволит не только привлечь инвестиции и технологии и уверенно конкурировать на мировом экономическом рынке, но обеспечить России статус мировой транспортной державы.

К сожалению, состояние российских железных дорог во многом не соответствует современным глобальным вызовам: возможности soft power железнодорожных коммуникаций используются не в той мере, в какой они могли бы решить заявленные экономические и политические задачи. История российских железных дорог демонстрирует слабую эластичность к внедрению инноваций [10] даже на современном этапе, когда в условиях глобализации стремительно увеличивается конкуренция между участниками мировых экономических процессов. Основными полюсами глобальной экономики остаются США и Западная Европа, с одной стороны, и Восток (Юго-Восточная Азия), с другой. Для России с ее уникальным географическим и геополитическим положением очень важно использовать преимущества транспортного коридора между данными полюсами. Преимущества обеспечиваются в основном

функционированием двух МТК: Транссибирская магистраль (9288,2 км), соединяющая Запад и Восток, и Северный морской путь (5600 км) – судоходная магистраль, пролегающая в Арктике. Аксиома: развитие Транссиба – залог экономической и политической освоенности территорий Западной Сибири и Дальнего Востока, сохранения территориальной и политической целостности Российской Федерации. Крайне важна и инвестиционная привлекательность этих регионов: развитые железнодорожные коммуникации свидетельствуют о наличии экономической и социальной инфраструктуры, являются стимулом ее дальнейшего развития.

Менее протяженные, но не менее значимые для России МТК № 2 (панъевропейский) – связывающий Минск, Москву и Нижний Новгород. В будущем планируется продолжение коридора до Екатеринбурга. Коридор обеспечивает транспортные перевозки между странами Центральной Европы и Европейской частью России, связывает РФ с союзным государством Беларусью. МТК № 9 (панъевропейский) – соединяющий между собой Хельсинки, Санкт-Петербург, Москву и Киев. Несмотря на функционирование существующих МТК российская железнодорожная сеть слабо интегрирована в европейскую и азиатскую транспортные системы, что не позволяет получать соответствующие экономические и геополитические выгоды.

Примером реализации крупного инфраструктурного проекта, призванного стать инструментом «мягкой силы» государства, служит Новый Шелковый путь – грандиозный и амбициозный проект КНР, рассчитанный на соединение стран Азиатско-Тихоокеанского региона с развитыми западными странами. Здесь «больше геополитики, чем экономики, потому что главная идея геополитических доктрин Китая – это мирное окружение, а мирное окружение можно создать прежде всего экономическими методами – в этом Китай на 100% уверен» [11]. Частью проекта станет

создание международного транспортного коридора Россия – Казахстан – Китай. Создание Нового Шелкового пути идет полным ходом при активном участии китайской стороны. Успешная реализация проекта, имеющего множество рисков, позволит российским транспортным коммуникациям стать частью глобального транспортного коридора. Российская Федерация обретет статус глобального транзитера, что несомненно увеличит ее экономическую, инвестиционную и культурную привлекательность. ОАО «РЖД» рассчитывает за счет увеличения грузооборота между Китаем и Европой уже в 2024 г. повысить объем контейнерных перевозок в четыре раза [12].

Строительство высокоскоростных железнодорожных магистралей (специализированных железнодорожных линий, предназначенных для поездов со скоростями движения от 200 до 400 км/ч) – важный элемент «мягкой силы» транспортных коммуникаций («скорость можно с полным правом назвать экономической категорией, так как она влияет на важнейшие составляющие эффективности транспортной деятельности» [13]) и, как следствие, всей экономической инфраструктуры государства, а также потребительской активности населения. Строительство высокоскоростных магистралей давно стало приоритетом транспортной политики во многих развитых странах: Франция, Германия, Испания, Швеция – лидеры высокоскоростных перевозок среди европейских стран. Япония, Индия и Китай также демонстрируют высокие темпы развития высокоскоростного сообщения.

О строительстве высокоскоростных магистралей (ВСМ) задумывались еще в 1960-е гг. в СССР, который не без оснований считался великой железнодорожной державой [14]. Сегодня создание сети ВСМ и скоростных линий предусмотрено «Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 года» и учтено в «Прогнозе социально-экономического развития страны». Значение ВСМ для РФ невозможно

переоценить, но, к сожалению, это далекая перспектива для подавляющего большинства регионов: в настоящее время скоростные ВСМ функционируют только в Центральном и Северо-Западном федеральных округах, связывая центр страны. Ни одна из существующих не доходит даже до Урала, не говоря о Сибири и Дальневосточном регионе. В планах ОАО «РЖД» – строительство ВСМ Москва – Казань – Екатеринбург (1532 км), Москва – Ростов-Дону – Адлер (1540 км).

Высокоскоростное сообщение способно обеспечить своеобразный мультипликативный экономико-социальный эффект: увеличение мобильности населения приведет к созданию новых рабочих мест, увеличению занятости и сокращению безработицы, что, в свою очередь, благоприятно скажется на развитии поселений, сглаживании социально-экономических различий между ними. Развитие скоростного и высокоскоростного сообщения сделает доступнее различные социальные услуги (медицинские, образовательные, культурные и др.), позволит гражданам полнее реализовать свои конституционные права. В итоге обеспечивается уровень комфортности и степень привлекательности территорий для проживания, их вовлеченность в зоны экономического развития, создание новых агломераций.

В нашу задачу не входит анализ специфики строительства ВСМ на территории России, это совсем иная компетенция. Однако приходится констатировать, что существующие ВСМ нельзя назвать высокоскоростными, поскольку они уступают мировым стандартам в скорости. ВСМ давно уже не роскошь среди средств передвижения, их развитие – необходимый стимул социально-экономического развития. Сооружение таких дорог требует серьезных капиталовложений, в том числе и государственных. Поскольку развитие железнодорожного сообщения в России в последние десятилетия носит «запаздывающий» характер (по отношению к развитым странам мира и собственным

социально-экономическим потребностям), говорить об этом приходится в слагательном наклонении.

Включение РЖД в МТК и строительство ВСМ – далеко не единственные инструменты реализации транспортной силы РФ. Российским железным дорогам требуется серьезная модернизация по всем направлениям; это констатируется как на государственном, так и научно-исследовательском уровнях. Конечно, определенные усилия в этом направлении имеют место, например, реализуются проекты модернизации Транссиба и БАМа, предусмотрено создание транспортных путей на о-ве Сахалин и др.

Рассматривая транспортные коммуникации с использованием концепта «мягкой силы», необходимо остановиться на таком важном, на наш взгляд, аспекте, как soft power бренд-имиджевых коммуникаций РЖД. Инструменты «мягкой силы» используются прямо и косвенно для формирования привлекательного имиджа (бренда) железных дорог и ориентированы преимущественно на потенциального и актуального потребителя соответствующих услуг.

ОАО «РЖД» располагает достаточно серьезным арсеналом инструментов «мягкого влияния» для привлечения потребителей, профессионалов, инвесторов. Современная сфера транспортных услуг ориентируется на предоставление потребителю продукта, отвечающего условиям безопасности, удобства и комфорта, а также способного обеспечить позитивное впечатление и удовольствие от поездки или путешествия. Потребитель ориентируется на скорость, безопасность и комфорт, сочетание которых служит фирменным атрибутом высокоскоростного сообщения, открывающего как новые перспективы социально-экономической мобильности населения, так и новые уровни потребления. Виды поездов дальнего следования, вагонов предусматривают различные уровни комфортности, сервисные линейки, касающиеся питания, отдыха, работы и других потребностей

пассажиры: «комфортабельные и приятные интерьеры пассажирских поездов, адаптированные к потребностям различных групп пользователей – семей, бизнесменов, людей с ограниченными возможностями, – будут подталкивать этих клиентов еще и еще раз останавливать свой выбор на железной дороге» [15].

Это же касается и вокзального обслуживания. Концепция современного вокзала – «город в городе», способный обеспечить не только удобные стыковки различных видов транспорта (дальнего следования, пригородного и городского, наземного и подземного), но и предоставить любому пассажиру все необходимые товары и услуги, комфорт и безопасность.

Помимо удобства и комфорта, железная дорога обладает таким немаловажным инструментом «мягкого влияния» на потребительские предпочтения, как относительная безопасность и экологичность: «железнодорожный транспорт является бесспорным лидером по критерию экологичности и признан самым «зеленым» и «эко-дружественным» из всех видов транспорта» [16].

Важным инструментом «мягкой силы», особенно в советские времена, была социальная ориентированность железнодорожной отрасли. В частности, речь идет о наличии собственной социальной инфраструктуры: детские сады, образовательные учреждения, больницы и поликлиники, санатории и дома отдыха, спортивные базы, льготные путевки и другие возможности социального обеспечения делали железную дорогу привлекательным местом работы. Задачи, стоявшие перед советской транспортной системой, требовали серьезных вложений не только в техническую инфраструктуру, но и в человеческий ресурс. Осуществление масштабных модернизационных проектов (электрификация, строительство новых магистралей) невозможно представить без развитой социокультурной сферы. Транспорт – сфера человеческой деятельности, и его надежное

безаварийное, эффективное функционирование зависит от самосознания людей. В СССР железнодорожники представляли многочисленную социальную группу, занятую в стратегической государственной отрасли, соответственно, социальная сфера железных дорог, включавшая жилищное обеспечение, подготовку кадров, медицинское обслуживание, спортивные, культурные объекты и т.п., составляла важную часть государственного транспортного комплекса. Социальная защищенность – это важнейший инструмент поддержания престижа железнодорожной отрасли.

ОАО «РЖД», будучи обычным коммерческим предприятием, отказалось от финансирования большей части объектов социальной сферы, сохранив только некоторые медицинские, спортивные и культурные учреждения, социальные и компенсационные пакеты работникам, жилищно-ипотечную программу. В целом социальные программы РЖД остаются инструментом «мягкой силы» транспортной отрасли, обеспечивающим ее позитивный имидж.

Говоря о человеческом ресурсе, нельзя не отметить важность такого имиджевого инструмента любой отрасли, как доступность и качество высшего, среднего специального профессионального образования. Железная дорога была и остается привлекательным работодателем. Возможность получить востребованную профессию, сделать карьеру очень актуальна для молодого поколения. Одним из инструментов привлечения кадров в железнодорожную отрасль остается целевое направление – договор между предприятием и абитуриентом, что предприятие оплачивает обучение в вузе, а выпускник получает гарантированное рабочее место на данном предприятии. Но целевое направление имеет не только преимущества, но и недостатки, одним из которых сегодня остается отсутствие вакансии, соответствующей профилю выпускника, или низкая заработная плата. Тем не менее для людей и семей, ограниченных в денежных средствах, целевое

направление в железнодорожный вуз остается привлекательным вариантом получения профессии.

ОАО «РЖД» располагает сегодня серьезным арсеналом культурно-информационных инструментов, которые также можно расценивать как инструменты имиджирования, рекламы и брендинга. К важнейшим из них можно отнести благотворительную и спонсорскую деятельность, а также наличие различных информационных ресурсов, обеспечивающих своевременное обеспечение потребителя необходимой информацией и услугами.

Один из заметных спонсорских проектов ОАО «РЖД» – спорт. ОАО стало третьим европейским спонсором чемпионата мира по футболу 2018 г. в Европе. «Официальный сайт ФИФА отмечает, что РЖД будет играть важную роль в организации перевозок во время ЧМ-2018. Болельщики уже забронировали половину из 440 тыс. бесплатных мест на поезда между городами-организаторами турнира. Всего на время чемпионата мира запланировано 728 дополнительных поездов дальнего следования по 31 маршруту» [17]. Также РЖД внесли свой вклад и в организацию XXVII Всемирной летней Универсиады в Казани, XXII зимних Олимпийских игр в Сочи и ряда других спортивных мероприятий. Главные спортивные проекты ОАО «РЖД» – хоккейный и футбольный клубы «Локомотив» – ежегодно получают от железнодорожной компании миллиарды рублей.

Среди спонсорских проектов ОАО «РЖД» необходимо отметить также сервисы, предоставляемые религиозным паломникам. Русская православная церковь и ОАО «РЖД» заключили в 2005 г. «Соглашение о сотрудничестве», предусматривающее поддержку миссионерской и паломнической деятельности РПЦ. В сотрудничество входит, например, предоставление поездов для паломнических маршрутов, строительство храмов и часовен на привокзальных и станционных территориях,

распространение в поездах духовно-нравственной литературы и многое другое [18].

Интересным проектом РЖД является детская железная дорога (ДЖД) – учреждение дополнительного образования, предназначенное для детей 8–18 лет, имеющее целью привить интерес к железной дороге. В советские времена таких дорог было 52, сейчас – 23. Это настоящие железнодорожные предприятия, демонстрирующие юному поколению современную технику, собственную эстетику, позволяющее освоить роли машиниста, проводника, диспетчера, станционного дежурного. 30% участников игр на ДЖД именно здесь приобретают свою будущую профессию [19]. Детские железные дороги служат не только инструментом популяризации транспортной отрасли, это и средство воспитательного влияния: коммуникационные навыки, командное чувство и ответственность, лидерские способности, дисциплинированность и т. п. качества так необходимы современным детям, круглосуточно погруженным в виртуальные миры.

К важнейшим инструментам бренд-имиджевой коммуникации с использованием «мягкого влияния» относятся корпоративные СМИ, включая интернет-ресурсы. Среди них «Издательский дом «Гудок», выпускающий множество отраслевых изданий, включая газету с одноименным названием; РЖД ТВ; множество сайтов (rzd.ru, rzd-site.ru, корпоративная электронная энциклопедия rzd.com>index.php и др.). Также ОАО «РЖД» располагает собственными аккаунтами в социальных сетях: ok.ru>rzd.official («Одноклассники»), vk.com>rzd.official («ВКонтакте»), twitter.com>rzd\_official («Твиттер») и др. Даже поезд «Сапсан» с момента своего запуска в декабре 2009 г. превратился в медийного персонажа: у него появились собственный блог и аккаунт в «Твиттере».

Это далеко не все имеющиеся в распоряжении железнодорожной отрасли информационные ресурсы.

Использование инструментов медийного влияния – необходимый атрибут информационной политики любой современной компании, основная цель которого заключается в достижении открытости, публичности и обратной связи с потребителем. В целом данную цель можно считать достигнутой: современный потребитель, экономя время и усилия, охотно пользуется электронными ресурсами.

Этот далеко не полный обзор инструментов «мягкого влияния» транспортных коммуникаций позволяет сделать следующие выводы:

1) транспорт как технический артефакт обладает soft power в той мере, в какой способен обеспечить человеку и обществу власть над пространством и временем;

2) развитие транспортных коммуникаций служит условием и стимулом реализации «соблазна путешествия» – культурной формы «инстинкта перемещения», имеющего корни в биологической природе человека;

3) эффективное функционирование и соответствующая современным

реалиям модернизация путей сообщения, особенно железнодорожных, является для РФ необходимым инструментом «мягкой силы», поскольку способна обеспечить утверждение статуса мировой транспортной державы, социально-экономическую и туристическую привлекательность российских территорий;

4) ОАО «РЖД» обладает собственными инструментами soft power, среди которых можно отметить скорость, безопасность и комфорт, обеспечиваемые современными технико-технологическими инновациями; экологичность; социальную ориентированность; культурно-информационные ресурсы.

Эффективное сочетание и использование всех инструментов «мягкого влияния» – необходимое условие успешной глобальной экономической конкуренции, социально-экономического использования и развития территорий, формирования позитивного имиджа российских железных дорог, стимулирования потребительских предпочтений как российских, так и иностранных граждан. ■

### Литература

1. Най С. Джозеф (младший). Будущее власти / С. Джозеф Най-мл. / Пер. с англ. В.Н. Верченко. – М. : АСТ, 2014. С. 152–153. ISBN: 978-5-17-081896-9
2. Soft power: теория, ресурсы, дискурс // под ред. О.Ф. Русаковой. – Екатеринбург : Изд. дом «Дискурс-Пи», 2015. 376 с. С. 10. ISBN 978-5-98728-044-7.
3. Soft power: теория, ресурсы, дискурс // под ред. О.Ф. Русаковой. – Екатеринбург : Изд. дом «Дискурс-Пи», 2015. 376 с. С. 7. ISBN 978-5-98728-044-7.
4. Техника и технология // Философский словарь / под ред. И. Т. Фролова. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : Республика, 2001. 719 с. С. 556. ISBN 5-250-02742-3.
5. Пьяных Е. П. Роль железной дороги в формировании и развитии общества // Вестник УрГУПС. № 3(35), 2017. С. 98–107. ISSN 2079-0392.
6. Якунин В. И. Политология транспорта. М. : Экономика. 2006. 432 с. С. 8. ISBN 978-5-282-02721-1.
7. Лapidус Б. М., Лapidус Л. В. Железнодорожный транспорт: философия будущего. М. : Прометей, 2015. 232 с. С. 18. ISBN 978 -5-7042-2539-3.
8. Преимущества перед другими видами транспорта. URL: [http:// transportine.ru/inets-716-1.html](http://transportine.ru/inets-716-1.html). (дата обращения: 08.07.2018).
9. Лapidус Б. М., Лapidус Л. В. Железнодорожный транспорт: философия будущего. М. : Прометей, 2015. 232 с. ISBN 978-5-7042-2539-3.
10. Там же. – С. 76–77.
11. Новый Шелковый путь, или Как Китай хочет всех объединить. РИА Новости. URL: <http://https://ria.ru/economy/20170513/1494227526.html> (дата обращения 10.07.2018).
12. РЖД скорректировали долгосрочную программу в перспективе. – URL: [http:// gazeta.rwbusiness/2018/06/27/](http://gazeta.rwbusiness/2018/06/27/) (дата обращения: 13.07.2018).

13. Лapidус Л. В. Социально-экономические эффекты высокоскоростного железнодорожного сообщения // Экономика железных дорог. 2013. № 12. С. 58–63. ISBN 978-5-7042-2539-3.
14. Гурьев А. И какие же русские не любили быстрой езды? История обреченного проекта. СПб : ООО «Издательско-полиграфическая компания «КОСТА», 2009. 360 с. С. 12. ISBN 978-5-91258-117-5.
15. Лapidус Б. М., Лapidус Л. В. Железнодорожный транспорт: философия будущего. М. : Прометей, 2015. 232 с. С. 21. ISBN 978-5-91258-117-5-2539-3.
16. Там же. – С. 44.
17. РЖД стали третьим европейским спонсором ЧМ-2018. URL: <http://s-bc.ru/news/wc2018-rzd-regional-sponsor.html> (дата обращения 18.07.2018).
18. Московская патриархия русской православной церкви и ОАО «РЖД» заключили соглашение о сотрудничестве. URL: <http://press.rzd.ru> ISBN 978-5-91258-117-5 news/public/ru?STRUCTURE\_ID...id...id (дата обращения 18.07.2018).
19. Детские железные дороги – URL: <http://modelzd.ru...zhd...detskaja-zheleznaia-doroga.html> (дата обращения 18.07.2018).

#### Literature

1. Nigh S. Joseph (junior). The future of the power [Budushchee vlasti] / S. Joseph Nigh-Junior / Trans. from Eng. by V.N.Verchenko. – M. : AST, 2014. P. 152–153. ISBN: 978-5-17-081896-9
2. Soft power: theory, resources, discourse [Soft power: teoriya, resursy, diskurs] // edit. by O. F. Rusakova. – Ekaterinburg : «Discourse–P» publ. house, 2015. 376 p. P. 10. ISBN 978-5-98728-044-7.
3. Soft power: theory, resources, discourse // edit. by O.F. Rusakova. – Ekaterinburg: «Discourse–P» publ. house, 2015. 376 p. P. 7. ISBN 978-5-98728-044-7.
4. Engineering and technology [Tekhnika i tekhnologiya] // Dictionary of philosophy / ed. by I.T. Frolova. – 7<sup>th</sup> ed., revised and enlarged. – M. : Republic, 2001. 719 p. P. 556. ISBN 5-250-02742-3.
5. Pyanykh E.P. The role of railways in formation and development of society [Rol' zheleznoy dorogi v formirovani i razviti i obshchestva] // The Herald of USURT. № 3(35), 2017. P. 98–107. ISSN 2079-0392.
6. Yakunin V.I. Transport politics. [Politologiya transporta] M. : Economics. 2006. 432 p. P. 8. ISBN 978-5-282-02721-1.
7. Lapidus B. M., Lapidus L. V. Railway transport: philosophy of the future. [Zheleznodorozhny transport: filosofiya budushchego] M. : Prometheus, 2015. 232 p. P. 18. ISBN 978 -5-7042-2539-3.
8. Advantages over other means of transport. [Preimushchestva pered drugimi vidami transporta] URL: <http://transportine.ru/inets-716-1.html>. (reference date: 08.07.2018).
9. Lapidus B. M., Lapidus L. V. Railway transport: philosophy of the future. [Zheleznodorozhny transport: filosofiya budushchego] M. : Prometheus, 2015. 232 p. P. ISBN 978-5-7042-2539-3.
10. Ibid. [Tam zhe] – P. 76-77.
11. New Silk road, or how China wants to unite all. [Novy Shelkovy put', ili Kak Kitay hochet vsekh ob'edinit'] RIA News. URL: <http://https://ria.ru/economy/20170513/1494227526.html> (reference date: 10.07.2018).
12. RZD have corrected a long term program in perspective. [RZHD skorrektirovali dolgosrochnuyu programmu v perspective] – URL: <http://gazeta.ru/business/2018/06/27/> (reference date: 13.07.2018).
13. Lapidus L. V. Social and economic effects of high-speed railway transportation // Economics of railways. [Sotsial'no-ekonomicheskie efekty vysokoskorostnogo zheleznodorozhnogo soobshcheniya] 2013. № 12. P. 58–63. ISBN 978-5-7042-2539-3.
14. Guriev A. I. And what Russians disliked spinning? A story of a dead-end project. [I kakie zhe russkie ne lyubili bystroy ezdy? Istoriya obrechennogo proekta] SPb : ООО «КОСТА» publishing-polygraphic company, 2009. 360 p. P. 12. ISBN 978-5-91258-117-5.
15. Lapidus B. M., Lapidus L. V. Railway transport: philosophy of the future. [Zheleznodorozhny transport: filosofiya budushchego] M.: Prometheus, 2015. 232 p. P. 21. ISBN 978-5-91258-117-5-2539-3.

16. Ibid. [Tam zhe] – P. 44.
17. RZD are the third WC-2018 European sponsor. [RZHD stali tret'im evropeyskim sponsorom ChM-2018] URL: <http://s-bc.ru/news/wc2018-rzd-regional-sponsor.html> (reference date 18.07.2018).
18. Russian orthodox church Moscow patriarchate and JSCo «RZD» have concluded the agreement on cooperation. [Moskovskaya patriarhiya russkoy pravoslavnoy tserkvi i OAO «RZHD» zaklyuchili soglashenie o sotrudnichestve] URL: [http://press.rzd.ru/ISBN\\_978-5-91258-117-5\\_news/public/ru?STRUCTURE\\_ID...id...id](http://press.rzd.ru/ISBN_978-5-91258-117-5_news/public/ru?STRUCTURE_ID...id...id) (reference l 18.07.2018).
19. Children's railways [Detskie zheleznye dorogi] – URL: <http://modelzd.ru...zhd...detskaja-zheleznaja-doroga.html> (reference date 18.07.2018).

*Статья сдана в редакцию 20 июля 2018 года*

# Безопасность деятельности человека

УДК 628.5

К. Б. Кузнецов, А. А. Пазуха

## Обеспечение функциональной надежности заземляющих штанг и шунтирующих перемычек контактной сети

UDC 628.5

K. B. Kuznetsov, A. A. Pazukha

## Ensuring functional reliability of the catenary grounding sticks and jumper shunts

### Аннотация

Статья посвящена случаям электротравматизма, которые произошли из-за отсутствия контроля и неправильных действий при завешивании, снятии, наблюдении за заземляющими штангами контактной сети или за шунтирующими штангами съёмной изолирующей вышки. Рассмотрено состояние производственного травматизма в Трансэнерго в 2017 г. Рассчитан и оценен индивидуальный риск гибели работников во время трудовой деятельности в компании Трансэнерго – филиале ОАО «РЖД». Проанализированы случаи электротравматизма из-за указанных ситуаций в 1969–2017 гг. и определены основные причины электротравмирования работников.

Выполнено оснащение токопроводящей трубы заземляющей штанги контактной сети контролирующим устройством с автономным пультом, которое автоматизирует контроль и исключает неправильные действия при завешивании, снятии, наблюдении за заземляющими штангами контактной сети или за шунтирующими штангами съёмной изолирующей вышки.

Рассмотрен принцип работы контролирующего устройства с автономным пультом в процессе эксплуатации заземляющей штанги контактной сети.

**Ключевые слова:** индивидуальный риск гибели, электротравматизм, заземляющая штанга контактной сети, контролирующее устройство, автономный пульт.  
DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-98-105

### Abstract

The article is devoted to electrical injury cases entailed by lack of control and maloperations with the catenary grounding sticks or jumper shunts of the insulating demountable derrick. The state of workplace injuries at Transenergo in 2017 is considered. The individual death risk for the employees of Transenergo, an affiliated unit of Russian Railways, is calculated and estimated. Electrical injury cases entailed by the situations in question during the 1969-2017 time period were analyzed and the main causes of such injuries were identified.

The conducting pipe of the grounding stick was equipped with a controlling device having an autonomous panel which automates the process of control and prevents maloperations with the catenary grounding sticks or jumper shunts. The operation principle of the controlling device with an autonomous control panel is described.

**Keywords:** individual death risk, electrical injuries, catenary grounding stick, controlling device, autonomous panel.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-98-105

*Статья рекомендована к публикации А. И. Сидоровым, д-ром техн. наук, профессором Южно-Уральского государственного университета (Национального исследовательского университета). E-mail: Sidorovai@susu.ru. The article is recommended for publishing by A. I. Sidorov, Doctor of technical science, Professor, Southern Ural state university (National research university). E-mail: Sidorovai@susu.ru.*

**Константин Борисович Кузнецов**, д-р техн. наук, профессор; кафедра «Техносферная безопасность» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: kuznetsov@usurt.ru.

**Александр Александрович Пазуха**, аспирант; Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Россия. E-mail: aapazukha@gmail.com.

**Konstantin Borisovich Kuznetsov**, Doctor of technical science, Professor; chair of Technosphere safety, Ural state university of railway transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: kuznetsov@usurt.ru.

**Alexander Alexandrovich Pazukha**, post-graduate student; Ural state university of railway transport, Ekaterinburg, Russia. E-mail: aapazukha@gmail.com.

В 2017 г. компания «Трансэнерго» – филиал ОАО «РЖД» израсходовала на улучшение условий охраны труда 1923,6 млн руб., без учета расходов на специальную одежду, обувь и медицинские осмотры – 635,91 млн руб. Но даже при столь высоком финансировании состояние производственного травматизма крайне неудовлетворительное. Допущено 27 случаев производственного травматизма, в том числе девять – со смертельным исходом, восемь – с тяжелым исходом. Виды травм и распределение пострадавших работников приведены в таблице 1 [1].

Из 27 пострадавших: 30%, или восемь работников в возрасте старше 50 лет; 33%, или девять работников со стажем работы 5–10 лет.

Распределение пострадавших по возрасту и по стажу работы показано на рис. 1 и 2 [1].

Основные причины всех случаев травмирования работников в 2017 г. – неудовлетворительная организация работы, невыполнение технических мероприятий при работе в электроустанов-

ках (недостаточное количество отключений и установленных заземляющих штанг) [1].

Уровень производственного травматизма в 2017 г. вырос по сравнению с 2014–2016 г. и достиг уровня 2012 г. (рис. 3) [2, 3].

Индивидуальный риск гибели работников во время трудовой деятельности в Трансэнерго подчитывается на основании данных официальной статистики и численности работников отрасли и подотраслей железнодорожного транспорта как вероятность хотя бы одного смертельного несчастного случая в течение года из соотношения [4,5]

$$R_{и} = p_1 = \frac{N_{сл}}{N_p}, \quad (1)$$

где  $R_{и}$  – индивидуальный риск гибели на железнодорожном транспорте в течение года хотя бы одного работника, равный вероятности  $p_1$  этого события;

$N_{сл}$  – число несчастных случаев с летальным исходом за год в отрасли или подотрасли;

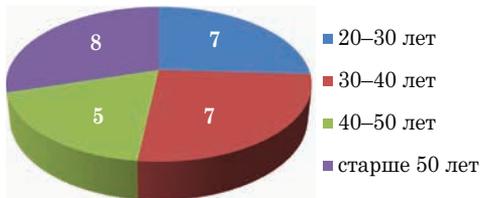


Рис. 1. Распределение пострадавших работников по возрасту, 2017 г.

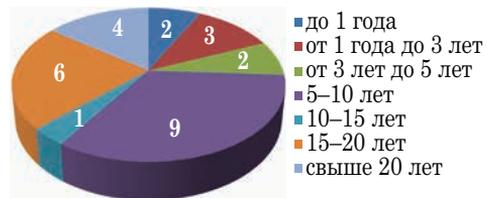


Рис. 2. Распределение пострадавших работников по стажу работы, 2017 г.

Таблица 1

Распределение травмированных работников по видам травм

Вид травмы	Количество пострадавших	Количество пострадавших со смертельным исходом
Воздействие электрического тока	15	8
Воздействие разлетающихся предметов	2	1
Падение с высоты	6	–
Придавливание грузом	1	–
Падение в процессе передвижения	2	–
Удара приспособлением	1	–

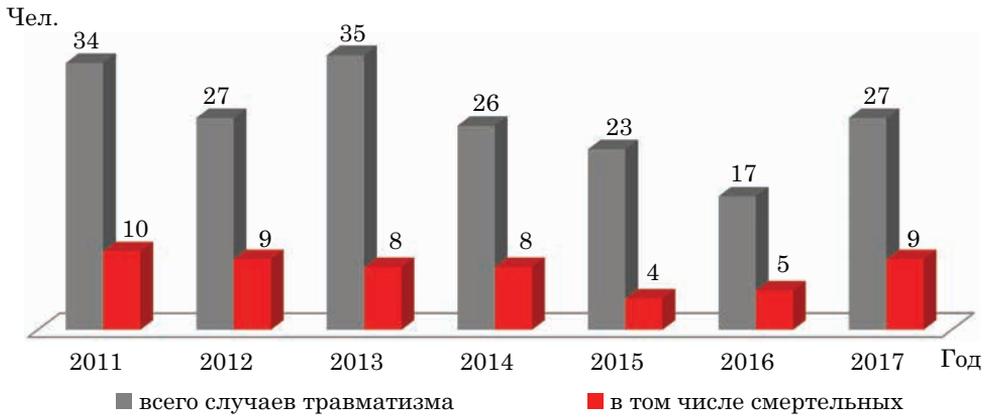


Рис. 3. Статистика производственного травматизма, 2011–2017 гг.

$N_p$  – средняя списочная численность работников отрасли или подотрасли в течение года. Количество электротравматических несчастных случаев с летальным исходом за 2011 год – 10.

Средняя списочная численность работников ОАО «РЖД» в 2011 году составила 37 500, тогда

$$R_{и} = \frac{10}{37500} = 266,67 \cdot 10^{-6}. \quad (2)$$

Индивидуальный риск гибели работников во время трудовой деятельности

на два порядка превышает риск смертельного природного воздействия на человека, который принимается в качестве предельно допустимого в настоящее время как у нас в стране, так и за рубежом  $1 \cdot 10^{-6}$  [4, 5].

Аналогичные расчеты проведены в 2012–2017 гг. Полученные значения отображены на рис. 4.

Из-за роста смертельного травматизма в Трансэнерго в 2017 г. шесть раз вводился повышенный режим управления охраной труда (продолжительностью один месяц каждый) [2]. Повышенный

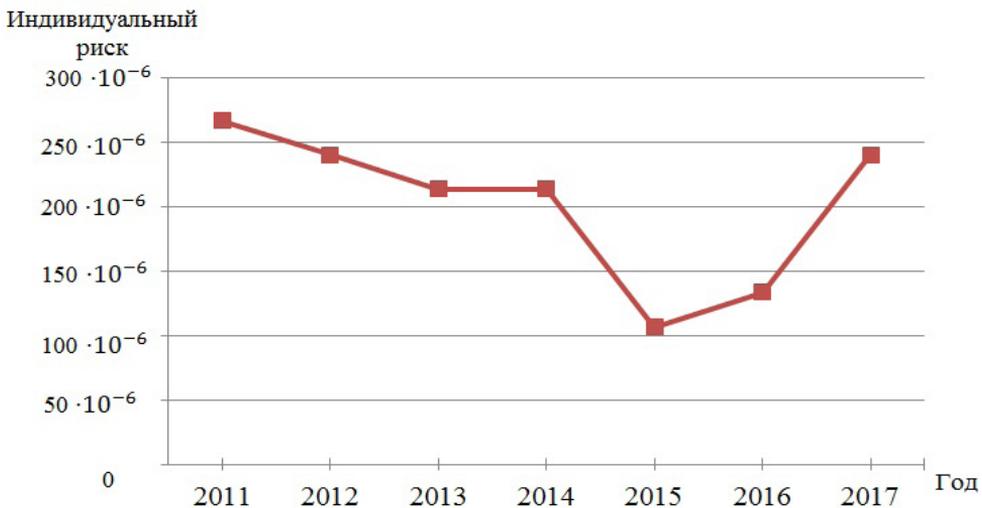


Рис. 4. Индивидуальный риск гибели работников во время трудовой деятельности в Трансэнерго, 2011–2017 гг.

режим управления охраной труда – состояние производственного травматизма, оцениваемое как опасное [6]. В это время выявлено 256 замечаний, связанных с нарушением установки переносных заземлений [2]. Порядок установки, наблюдения и снятия заземляющих штанг контактной сети определен в [7]. Смертельные случаи, которые произошли из-за неправильных действий, отсутствия контроля, нарушения порядка завешивания, снятия, наблюдения за наличием заземляющих штанг контактной сети или шунтирующих штанг съемной изолирующей вышки приведены в [8]. Указанные случаи электротравматизма в 1969–2012 гг. представлены в [9].

Анализ основных причин электротравматизма со смертельным исходом в хозяйстве электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД», а с 2016 года Трансэнерго – филиала ОАО «РЖД» представлен в таблице 2.

На сегодняшний день отсутствует контроль за процессом завешивания, снятия, наблюдения за заземляющей штангой контактной сети или шунтирующей перемычкой съемного изолирующей вышки. Это еще раз доказано несчастным случаем (07.06.2018), когда смертельно травмирован электромонтер района контактной сети станции Невельская Тайшетской дистанции электроснабжения. В нарушении п. 8.5.8 [7] пострадавший приступил к снятию заземляющей штанги без указания производителя работ, нарушил порядок снятия заземляющей штанги – начал

отсоединять заземляющий башмак от рельса при завешенном заземлении на шлейф мачтового разъединителя, в результате чего оказался под воздействием электрического тока наведенного напряжения.

Для повышения уровня безопасности персонала при обслуживании контактной сети необходимо автоматизировать процесс завешивания, снятия, наблюдения за заземляющей штангой контактной сети или шунтирующей перемычкой съемного изолирующей вышки; управлять вышкой автоматотрисы можно только при выполнении в полном объеме технических мероприятий в части установки заземляющих штанг.

В настоящее время при проверке, укладке, ремонте контактной сети переменного и постоянного тока используют промышленные переносные заземляющие устройства УЗП-ЗМ и УЗП-ЗПМ. Конструкция устройства не предусматривает контроль за процессом завешивания, снятия и состоянием контакта заземляющей штанги с контактной подвеской [9, 10].

Недостаток заземляющих штанг контактной сети и шунтирующих перемычек заключается в том, что при снятии и завешивании штанги (перемычки) с контактной подвески происходит только визуальный контроль за контактом крюка с контактной подвеской из-за неустойчивого усилия фиксирующей пружины.

Для повышения уровня безопасности персонала при обслуживании контактной сети необходимо автоматизировать

Таблица 2  
Основные причины электротравматизма, 1969–2017 гг.

Причина гибели работников	Количество погибших
Отсутствие заземляющих штанг	59
Работа под напряжением с вышки дрезины при шунтировании изоляции посторонними предметами или самими пострадавшими	74
Работа под напряжением с лейтера из-за касания пострадавшими заземленных частей либо по причине шунтирования изоляции вышки различными проводами	27

контроль за процессом завешивания, снятия и состоянием контакта заземляющей штанги с контактной подвеской. Для этого на токопроводящей трубе заземляющей штанги контактной сети размещают контролирующее устройство с автономным пультом (рис. 5) [8, 12].

Токопроводящая часть заземляющей штанги снабжена контролирующим

устройством с автономным пультом, причем контролирующее устройство размещено на токопроводящей трубе заземляющей штанги со стороны фиксирующей пружины; включает корпус с хомутом крепления, в котором размещены микроконтроллер с радиомодулем, соединенный входом с источником питания, а выходом – со светодиодом, светящийся элемент которого выходит на внешнюю часть корпуса, сигнализируя о состоянии контакта с заземляющей штангой [12].

На внешней поверхности корпуса со стороны фиксирующей пружины установлена кнопка включения, соединенная входом с источником питания, выходом – с микроконтроллером, а автономный пульт находится у обслуживающего персонала, он включает корпус, в котором на печатной плате размещены микроконтроллер, радиомодуль, блок питания, часы, жидкокристаллический экран, разъем с SD-картой (флеш-картой), два светодиода, разъем под кабель, кнопка включения, соединенная входом с источником питания, а выходом – с микроконтроллером, при этом оба светодиода, жидкокристаллический экран, кнопка включения и разъем под кабель рабочими частями выходят на наружную поверхность корпуса автономного пульта [12].

Для закрепления заземляющего троса при транспортировке и использовании штанги по назначению на поверхности токопроводящей трубы на расстоянии 300 мм от её верхнего и нижнего концов размещены крюки [11].

Предлагаемое контролирующее устройство с автономным пультом работает следующим образом. Перед началом работы контролирующее устройство 6 на токопроводящей трубе 2 закрепляют хомутом 7 и устанавливают таким образом, чтобы кнопка включения 8 располагалась со стороны фиксирующей пружины 5 на уровне ее средней части. Проверяют связь между контролирующим устройством 6 и автономным пультом 13. Подготавливают заземляющую штангу к завешиванию

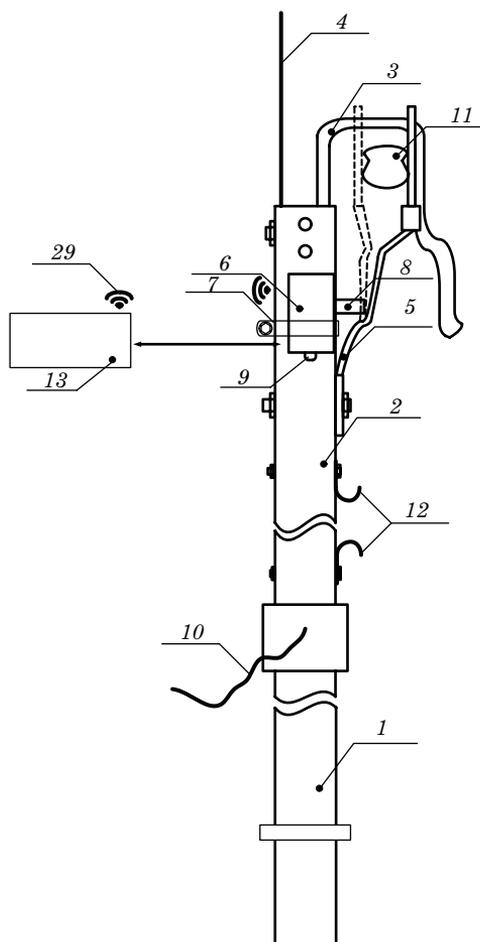


Рис. 5. Переносная заземляющая штанга с контролирующим устройством с автономным пультом

1 – изолирующая часть; 2 – токопроводящая труба; 3 – крюк; 4 – усовик; 5 – фиксирующая пружина; 6 – контролирующее устройство; 7 – хомут крепления; 8 – кнопка включения; 9 – светодиод; 10 – заземляющий трос; 11 – контактный провод; 12 – крюки; 13 – автономный пульт; 14 – радиосигнал

на контактный провод 11, снимают заземляющий трос 10 с крюков 12 и подключают его к заземлителю, например, к рельсу, проверяют наличие напряжения усовиком 4. Если есть искрение в месте касания усовика 4, то работа прекращается, так как напряжение не снято с контактного провода 11. При отсутствии искрения крюк 3 завешивают на контактный провод 11. При этом фиксирующая пружина 5 упирается в кнопку включения 8, которая включает контролирующее устройство 6. При этом микроконтроллер контролирующего устройства включает светодиод 9, который сигнализирует о наличии контакта с контактным проводом 11 и крюком 3, радиомодулем контролирующего устройства передает радиосигнал 14 на автономный пульт 13. Радиомодуль автономного пульта 13, получив радиосигнал 14, передает его на микроконтроллер автономного пульта 13, который включает светодиод на контролирующем устройстве, подтверждающий наличие контакта с контактным проводом 11 и крюком 3. Этот радиосигнал 14 записывается и хранится на SD-карте [12].

Если светодиод на контролирующем устройстве горит, значит, напряжение в контактном проводе 11 отсутствует, следовательно, можно производить работы при непрерывном наблюдении за наружной панелью автономного пульта 13.

При снятии изолирующей штанги с контактного провода 11 крюк 3 поднимается вверх и возвращает фиксирующую пружину 5 в исходное состояние, а кнопка включения 8 отключает

контролирующее устройство 6, радиосигнал 14 и светодиод 26 отключаются, что сигнализирует об отсутствии контакта крюка 3 с контактным проводом 11. На SD-карте фиксируется дата, время снятия и установки переносной заземляющей штанги и ее порядковый номер.

Предлагаемое контролирующее устройство с автономным пультом может быть использовано на шунтирующих штангах съемной изолирующей вышки [12].

Таким образом, предлагаемое устройство позволяет автоматически осуществлять контроль за процессом завешивания и снятия переносной заземляющей штанги с фиксированием условий работы, тем самым исключить случаи электротравмирования работников ОАО «РЖД».

Индивидуальный риск гибели во время трудовой деятельности в рассматриваемом филиале ОАО «РЖД» на два порядка превышает принятый в мировой практике предельно допустимый риск.

Предложено техническое решение автоматизации контроля за процессом завешивания, снятия и состоянием контакта заземляющей штанги контактной подвески. Данное устройство исключит ошибочные действия при завешивании и снятии заземляющей штанги контактной сети, повысит технологическую дисциплину работников, позволит дистанционно контролировать состояние заземляющей штанги, тем самым минимизирует вероятность получения электрической травмы в процессе эксплуатации устройств тягового электропитания. ■

#### Литература

1. Анализ проводимой работы в 2017 г., направленной на профилактику производственного травматизма в Трансэнерго – филиала ОАО «РЖД». Отчетный документ. М. : ОАО «РЖД», 2017. – 9 с.
2. Анализ состояния условий и охраны труда в ОАО «РЖД» за 2015 год. Отчетный документ. М. : ОАО «РЖД», 2016. – 12 с.
3. Анализ состояния условий и охраны труда в ОАО «РЖД» за 2016 год. Отчетный документ. М. : ОАО «РЖД», 2017. – 114 с.

4. Кузнецов К. Б. Электробезопасность в электроустановках железнодорожного транспорта : учеб. пособие для вузов ж.-д. транспорта / К.Б. Кузнецов, А.С. Мишарин. – М. : Маршрут, 2005. 456 с. ISBN 5-89035-199-0.
5. Кузнецов К. Б. Защита персонала при капитальном ремонте железнодорожного пути от поражения электрическим током / К. Б. Кузнецов, В. А. Вербицкий, А. А. Пазуха // Инновационный транспорт-2016: специализация железных дорог : м-лы Международ. науч.-практ. конф. – Екатеринбург : УрГУПС, 2017. Вып.8 (227). С. 512–520.
6. О совершенствовании системы управления охраной труда в ОАО «РЖД» : утв. ОАО «РЖД» распоряжением от 10.09.2014 № 2119р – Руководящий документ – М. : ОАО «РЖД», 2014. – 5 с.
7. Инструкция по безопасности для электромонтеров контактной сети : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 16.12.2010 № 104. – Екатеринбург : Уралюриздат, [2011]. – 246 с. – (Железнодорожный транспорт России). ISBN 978-5-9682-0899-6.
8. Кузнецов К. Б. Повышение уровня электробезопасности персонала усилением контроля процесса завешивания и снятия заземляющих штанг и шунтирующих перемычек контактной сети / Кузнецов К. Б., Пазуха А. А. // Безопасность и охрана труда на железнодорожном транспорте. 2018. – № 1. – С. 15–21.
9. Анализ случаев травматизма со смертельным исходом в хозяйстве электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД» за период 1969–2012 гг. / Р. А. Хорошевский [и др.]. М. : Техинформ, 2013. 118 с.
10. Мамошин Р. Р. Электроснабжение электрифицированных железных дорог / Р. Р. Мамошин, А. Н. Зимакова. – М. : Транспорт, 1980. 296 с.
11. Об устройствах заземляющих переносных УЗП-ЗПМ, УЗП-ЗМ: утв. ОАО «РЖД» от 09.07.2015 № ЦЭт-19/14 Техническая информация – М. : ОАО «РЖД», 2015. 2 с.
12. Заявка 2017/138888 РФ, МПКВ60М1/28. Переносная заземляющая штанга / Кузнецов К. Б., Пазуха А. А. ; заявитель УрГУПС ; заявл. 08.11.2017.

#### Literature

1. Analysis of the work carried out in 2017, directed at prevention of on-the-job injuries in Transenergo – ОАО «RZD» branch report document. [Analiz provodimoy raboty v 2017 g., napravlennoy na profilaktiku proizvodstvennogo travmatizma v Transenergo – filiala ОАО «RZHD»] М. : ОАО «RZD». 2017. – 9 p.
2. Analysis of labour conditions and safety in ОАО «RZD» within 2015. [Analiz sostoyaniya usloviy i ohrany truda v ОАО «RZHD» za 2015 god] Report document. М. : ОАО «RZD», 2016. – 12 p.
3. Analysis of labour conditions and safety in ОАО «RZD» within 2016. [Analiz sostoyaniya usloviy i ohrany truda v ОАО «RZHD» za 2016 god] Report document. М. : ОАО «RZD», 2017. – 114 p.
4. Kuznetsov K. B. Electrical safety in electrical equipment of railway transport : [Elektrobezopasnost' v elektroustanovkakh zheleznodorozhnogo transporta] : workbook for higher railway schools / K. B. Kuznetsov, A. S. Misharin. – М. : Route, 2005. 456 p. ISBN 5-89035-199-0.
5. Kuznetsov K. B. Protection of the personnel from electrocution under extensive repairs of the railway track [Zashchita personala pri kapital'nom remonte zheleznodorozhnogo puti ot porazheniya elektricheskim tokom] / K. B. Kuznetsov, V. A. Verbitsky, A. A. Pazukha // Innovational transport – 2016 : specialization of railways : materials of International scientific and practical conference. – Ekaterinburg : USURT, 2017. Issue 8 (227). P. 512–520.
6. On improvement of industrial safety management in JSCo «RZD» : [O sovershenstvovaniy sistemy upravleniya ohranoy truda v ОАО «RZHD»] : conf. by JSCo «RZD» order as of 10.09.2014 № 2119p – Regulatory document – М. : JSCo «RZD», 2014. – 5 p.
7. Instruction on safety for catenary system electricians : [Instruktsiya po bezopasnosti dlya elektromonтеров kontaktnoy seti] : conf. by JSCo «RZD» order as of 16.12.2010 № 104. – Ekaterinburg : Ural Law publish. [2011]. – 246 c. – (Russia's railway transport). ISBN 978-5-9682-0899-6.
8. Kuznetsov K. B. Improvement of electrical safety of the personnel by increase in control over putting and removing earthing sticks and bridging pieces of the catenary system [Povyshenie urovnya elektrobezopasnosti personala usileniem kontrolya protsessa

- zaveshivaniya i snyatiya zazemlyayushchih shtang i shuntiruyushchih peremychek kontaktной seti] / Kuznetsov K. B., Pazukha A. A. // Safety and labour protection on railway transport.2018. – № 1. – P. 15–21.
9. Analysis of accident rate with fatal outcome in JSCo «RZD» electrification and power supply facilities within the period 1969–2012 [Analiz s travmatizma so smertel'nyim iskhodom v hozyajstve elektrifikatsii i elektrosnabzheniya OAO «RZHD» za period 1969–2012 gg.] / R. A. Khoroshevsky [et al.]. M. : Techninform, 2013. 118 p.
  10. Mamoshin R. R. Power supply of electrified railways [Elektrosnabzhenie elektrifitsirovannyh zheleznih dorog] / R. R. Mamoshin, A. N. Zimakova. – M. : Transport, 1980. 296 p.
  11. On VЗП-ЗПМ, VЗП-ЗМ earthing devices : [Ob ustroystvah zazemlyayushchih perenosnyh UZP-ZPM, UZP-ZM] : conf. by JSCo «RZD» as of 09.07.2015 № ЦЭТ-19/14 Technical information – M. : JSCo «RZD», 2015. 2 p.
  12. Demand 2017/138888 RF, МПКВ60М1/28. A mobile earthing stick [Zayavka 2017/138888 RF, MPKV60M1/28. Perenosnaya zazemlyayushchaya shtanga] / Kuznetsov K. B., Pazukha A. A. ; applicant – USURT ; appl. 08.11.2017.

*Статья сдана с редакцию 13 июня 2018 года*

*А. Р. Закирова*

## Оценка аддитивного воздействия электрических и магнитных полей низкочастотного диапазона в производственных условиях

*A. R. Zakirova*

## Evaluation of additive impact of low-frequency electric and magnetic fields in plant environments

### Аннотация

Статья посвящена вопросам контроля, оценки и нормирования электрических и магнитных полей в низкочастотном диапазоне. Поднята проблема наличия белых пятен в оценке и нормировании низкочастотного ЭМП.

Работодатель в рамках проведения специальной оценки условий труда и производственного контроля на рабочих местах не оценивает ЭМП со спектром высших гармонических составляющих, несмотря на то, что электротехнический персонал, обслуживающий электроустановки РУ-3,3 кВ и электроподвижной состав, подвергается воздействию данного фактора, а значит, вопрос о профессиональной заболеваемости работников железнодорожного транспорта от воздействия электрических и магнитных полей разного рода тока и переменного от частоты не возникает.

Показано, что существует потребность в разработке

и принятии (наряду с действующими показателями новых предельно безопасных показателей аддитивного воздействия на электротехнический персонал электрических и магнитных полей, учитывающих воздействие излучений низкочастотного спектра ЭМП, включающего аддитивную оценку и нормирование):

– переменных электрических (ЭП) и магнитных (МП) полей низкой частоты от 25 Гц до 1000 Гц;

– постоянных МП и переменных МП (от 25 Гц до 1000 Гц);

– переменных ЭП, МП низкой частоты от 25 Гц до 1000 Гц и постоянных МП.

Впервые рассчитаны фактические уровни на электровазоне ВЛ80с следующих показателей ЭМП:

– среднесменная энергетическая нагрузка низкочастотного ЭМП, Вт/м<sup>2</sup>;

– суточная доза потенциальной энергии облучения ЭМП, Вт·ч;

– суточная доза потенциальной поглощенной энергии ЭМП, Вт·ч/кг;

Доказано, что для сохранения здоровья персонала, обслуживающего электровазны ВЛ80с, необходимо минимизировать уровни магнитных полей со спектром высших гармонических составляющих в машинных отделениях. При аддитивном воздействии ЭП и МП на электротехнический персонал уровни ЭМП как в кабине машиниста, так и в машинном отделении не оказывают вредного воздействия на обслуживающий персонал.

**Ключевые слова:** магнитное поле, электрическое поле, электротехнический персонал, доза потенциальной энергии облучения ЭМП, доза потенциальной поглощенной энергии ЭМП, энергетическая нагрузка низкочастотного ЭМП.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-106-116

*Статья рекомендована к публикации К. Б. Кузнецовым, профессором УрГУПС, д-ром техн. наук. E-mail: kkuznetsov@usurt.ru.*

*The article is recommended for publishing by K. B. Kuznetsov, Professor, USURT, Doctor of technical science. E-mail: kkuznetsov@usurt.ru.*

**Альфия Резавановна Закирова**, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Техносферная безопасность» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: AZakirova@usurt.ru.

**Alpha Rezavanovna Zakirova**, Candidate of tech.science, Associate Professor, «Technosphere safety» chair, Ural state university of railway transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: AZakirova@usurt.ru.

**Annotation**

The article is focused on issues of control, evaluation and normalization of electric and magnetic fields within low-frequency range. The problem of blindspots in evaluation and normalization of low-frequency EMF is brought about.

Within the frame of special assessment of work conditions and production control at work stations the employer does not evaluate EMF with the spectre of higher sinusoidal components, though the electrical personnel servicing electrical units PV-3,3 кV and electric rolling stock is subjected to this factor impact, consequently, the problem of occupational morbidity of railway workers from impact of electric and magnetic fields of different kind of current and alternating one from frequency does not emerge.

It is stated that there exists the need of elaboration and adoption (alongside with acting values, of new ultimately safe values of additive effects of electric and magnetic fields on the electrical personnel, which consider the affects of EMF low-frequency spectre emissions including the additive evaluation and normalization) of:

- variable electric (EF) and magnetic (MF) fields having low-frequency from 25 Hz up to 1000 Hz;

- constant MF and variable MF (ranging from 25 to 1000 Hz);

- variable EF, MF of low frequency from 25 to 1000 Hz and constant MF.

For the first time ever there have been calculated the actual levels of the following EMF values on the ВЛ80с electric locomotive:

- power time-weighted average load of low-frequency EMF,  $W/m^2$ ;

- EMF radiation potential energy daily dose,  $W/m^2$ ;

- EMF potential absorbed energy daily dose,  $W^*h/kg$ ;

We proved that in order to keep the personnel providing services for ВЛ80с electric locomotives in good health, it is necessary to minimize the levels of magnetic fields with higher sinusoidal components in power compartments. Under additive EF and MF affects on electric personnel the EMF levels both inside the driver's cab and power compartment do not produce any negative impact on the attending personnel.

**Key words:** magnetic field, electric field, electric personnel, EMF potential energy radiation dose, EMF potential absorbed energy dose, EMF low-frequency power load.

DOI: 10.20291/2079-0392-2018-3-106-116

Электротехнический персонал при эксплуатации электроустановок тягового электроснабжения может находиться под воздействием электромагнитных полей (ЭМП) разного рода тока, частоты переменного тока промышленной частоты и гармоник переменных составляющих выпрямленного тока с отличающимися параметрами электрической и магнитной составляющих и продолжительностью облучения. Особенностью электроустановок (ЭУ) двухполюсного и однофазного тягового электроснабжения, рассматриваемых в статье, в сравнении с ЭУ трехфазных систем электроснабжения является наличие мощного, ничем не компенсированного магнитного поля, оказывающего вредное воздействие на обслуживающий персонал.

На большинстве тяговых подстанций РУ-3,3 кВ применяются 6- и 12-пульсовые выпрямители, следовательно, в кривых выпрямленного напряжения

содержатся гармоники канонических частот. Также существенное изменение в гармонический состав вносит несимметрия питающего напряжения, которая в результате ряда Фурье выпрямленного напряжения дополняется четными гармониками. Несмотря на то, что на тяговых подстанциях применяются сглаживающие устройства, обеспечивающие условия электромагнитной совместимости с линиями связи и устройствами СЦБ, в контактной сети присутствуют высшие гармонические составляющие, уровни напряженностей электрических и магнитных полей которых (с точки зрения воздействия на обслуживающий персонал) кроме частоты 50 Гц в России не оцениваются, не контролируются и не нормируются. Данная проблема до настоящего времени рассматривалась только в области опасного и мешающего влияния одной электроустановки на другую, например, на линии связи.

Проведенные экспериментальные данные по оценке уровней магнитных и электрических полей в электровозах переменного тока ВЛ 80<sup>Р</sup> [1] с весом 3445 т и со скоростью 40 км/ч на участке Батайск – Лихая свидетельствуют о наличии на данных объектах как постоянных (вблизи сглаживающего реактора достигают 10500 А/м), так и переменных магнитных полей (со спектральной характеристикой от 50 до 600 Гц) с уровнями напряженностей 1200 и 20 А/м соответственно.

Аналогичные экспериментальные данные получены для электровоза ВЛ 80\* [1]: уровни напряженностей постоянных магнитных полей в машинном отделении достигают 6000 А/м, переменных – 1300 А/м; для локомотива ЧС4т в кабине машиниста уровень постоянного МП – 63 А/м, переменного 50 Гц – 42 мкТл, в машинном отделении – уровень постоянного МП достигает 11200 А/м, МП 50 Гц – 3800 мкТл; для локомотива ЭР9п в кабине машиниста уровень постоянного МП – 59 А/м, переменного 50 Гц – 36 мкТл, в машинном отделении соответственно 4300 А/м и 1420 мкТл при ПДУ для 8-часового воздействия 10000 А/м и 100 мкТл. Методика оценки, контроля и нормирования магнитных полей (МП) спектра высших гармонических составляющих частотой от 50 Гц до 600 Гц отсутствует, кроме 50 Гц, как и их аддитивного воздействия.

Методики оценки, контроля и нормирования аддитивного постоянного и переменного МП в России тоже нет, несмотря на то, что электрические и магнитные поля низкой частоты вызывают у человека заболевания следующих систем: сердечно-сосудистой, нервной, эндокринной, иммунной, а также лейкемии, опухоли головного мозга, что подтверждается проведенными физиологическими исследованиями отечественными и зарубежными специалистами [2].

Статистические исследования, проведенные на Западно-Сибирской железной дороге – филиале ОАО «РЖД», показали, что количество обращений

железнодорожников в больничные учреждения за 25 лет по рассматриваемым заболеваниям существенно возросло по сравнению с контрольными группами городских жителей: по заболеваниям злокачественными опухолями – более чем в два раза, по заболеваниям эндокринной системы – в четыре, заболеваниям системы кровообращения – в четыре [3]. Рост обращений с заболеваниями связан с множеством причин, однако здесь нельзя исключать вредное воздействие ЭМП.

Результаты статистического исследования данных о заболеваниях электротехнического персонала на полигоне Свердловской железной дороги [4] свидетельствуют, что электротехнический персонал (персонал локомотивных бригад) обращается в медицинские учреждения с заболеваниями нервной и эндокринной систем, системы кровообращения и крови, новообразованиями от 5,8 до 10,7 раз чаще, чем персонал неэлектротехнический (персонал локомотивных бригад тепловозов на участках без электрической тяги). С большой степенью вероятности это связано и с вредным воздействием ЭМП спектра частот выпрямленного тока и напряжения.

Анализ заболеваемости работников различных структурных подразделений железнодорожного транспорта [5], которые в разной степени подвергаются воздействию переменных магнитных полей от электротяги, показал, что машинисты локомотивов с электрической тягой чаще обращаются с заболеваниями, чем машинисты мотор-вагонных секций и тепловозов. Уровень обращений с заболеваниями ишемической болезнью сердца среди машинистов электровозов составляет 12,4 на 1000 чел./год, а машинистов мотор-вагонных секций – 6,2 на 1000 чел./год. Эти результаты позволяют рассматривать присутствующие в кабине электровоза переменные магнитные поля как фактор дополнительного риска возникновения заболеваний сердечно-сосудистой системы.

По результатам анализа полученных данных возникает вопрос о профессиональной заболеваемости работников железнодорожного транспорта от воздействия электрических и магнитных полей разного рода тока и переменного от частоты. Ответ на этот вопрос можно получить, рассмотрев приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 27 апреля 2012 г. № 417н «Об утверждении перечня профессиональных заболеваний» (приказ 417н), согласно которому к заболеваниям персонала, связанным с воздействием производственного неионизирующего излучения, относят указанные в таблице 1.

Пункт 2.1.3 приказа 417н требует более глубоко раскрытия с указанием частоты поля, так как последствия вредного воздействия переменного и постоянного ЭМП для персонала зависят от частоты поля, уровня его напряженности, продолжительности излучения. Можно только предположить, что данные проявления характерны для аддитивного воздействия составляющих ЭМП (электрической и магнитной). Возникает много вопросов в этой области, которые требуют решения, и насколько быстро они будут решены (на законодательном уровне), будет зависеть

здоровье людей, профессионально подверженных воздействию низкочастотного ЭМП.

Одной из причин отсутствия рассматриваемого частотного диапазона ЭМП в приказе 417н является наличие белых пятен в оценке и нормировании низкочастотного ЭМП. Получается, что фактора как бы нет на рабочем месте, так как работодатель не оценивает в рамках проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах, и считается, что заболеваний тоже нет. А не оценивается он потому, что методики оценки и нормирования аддитивного воздействия рассматриваемых электрических и магнитных полей в России нет.

Необходимо разработать и принять новые предельно безопасные показатели аддитивного воздействия на электротехнический персонал электрических и магнитных полей, учитывающие воздействие излучений низкочастотного спектра ЭМП:

- переменные электрических (ЭП) и МП низкой частоты от 25 Гц до 1000 Гц;
- постоянные МП и переменные МП (от 25 Гц до 1000 Гц);
- переменные ЭП, МП низкой частоты от 25 Гц до 1000 Гц и постоянные МП.

Таблица 1

## Перечень профессиональных заболеваний

№ п. по приказу 417н	Неионизирующее излучение	Проявления от воздействия ЭМП
2.1.1	СВЧ-излучение	Катаракта
2.1.2	Инфракрасное излучение	Катаракта
2.1.3	ЭМП излучение	Выраженные расстройства вегетативной (автономной) нервной системы при воздействии ЭМП диапазона радиочастот синдром (лейкопения – гематологическая тромбоцитопения, панцитопения, гипоталамический синдром)
2.1.4	Лазерное излучение	Поражение органа зрения (роговицы глаз, сетчатки поражение кожи пигментные невусы, ожоги)
2.1.5	УФ-излучение	Фотокератит, фотодерматит
2.1.6	Ультрафиолетовое излучение (УФ-излучение)	Злокачественные новообразования

В связи с отсутствием в России (для производственных условий) ПДУ электрических и магнитных полей низкой частоты (кроме 50 Гц) предлагается методика оценки аддитивного воздействия электрических и магнитных полей низкочастотного диапазона в производственных условиях (методика) с использованием предельно безопасных уровней (ПБУ), которая позволит до утверждения предельно допустимых уровней (ПДУ) ЭМП низкочастотного диапазона сохранить здоровье персонала, профессионально связанного с воздействием вредного производственно-го фактора.

ПБУ параметров ЭМП считаются такие уровни, при которых ЭМП не оказывают вредное и опасное воздействие на здоровье персонала, не вызывают заболевания или отклонения в состоянии здоровья у него и последующих поколений.

Оценка электромагнитных полей проводится по адаптируемым некоторым показателям ЭМП от высших гармонических составляющих в соответствии с ГОСТ Р 54148–2010 (ЕН 50366:2003) «Воздействие на человека электромагнитных полей от бытовых и аналогичных электрических бытовых приборов» [6] и СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» [7].

Методика разработана для персонала, профессионально связанного с общим воздействием ЭМП, и предусматривает воздействие:

- переменных электрических (ЭП) и МП низкой частоты от 25 Гц до 1000 Гц;
- постоянных МП и переменных МП (от 25 Гц до 1000 Гц);
- переменных ЭП, МП низкой частоты от 25 Гц до 1000 Гц и постоянных МП.

В соответствии с действующими нормативными документами, оценка и нормирование ЭМП низкой частоты осуществляется отдельно по напряженности электрического поля (Е) в кВ/м,

напряженности магнитного поля (Н) в А/м или индукции магнитного поля (В), в мкТл.

Аддитивное воздействие составляющих ЭМП на электротехнический персонал предлагается оценивать в виде энергетической нагрузки электромагнитного поля  $\mathcal{E}_{\text{ПБУ}}(f)$  в Вт·ч. Интенсивность ЭМП от 25 Гц до 1 кГц характеризуется напряженностью электрического и магнитного полей, а среднесменная энергетическая нагрузка представляет собой вектор Пойнтинга, то есть произведение данных напряженностей.

В статье принято допущение об аддитивном действии электрической и магнитной составляющих, основанное на том, что две составляющие будут оказывать такое же суммирующее действие, как отдельные вредные факторы, но каждое из которых необходимо уменьшить в два раза.

Предельно безопасный уровень среднесменной энергетической нагрузки определяется:

$$\mathcal{E}_{\text{ПБУ}}(f) = \frac{E_{\text{ПБУ}}(f) \cdot H_{\text{ПБУ}}(f)}{2}, \quad (1)$$

где  $E_{\text{ПБУ}}(f)$  и  $H_{\text{ПБУ}}(f)$  – предельно безопасные уровни электрических и магнитных полей низкой частоты.

При оценке ЭП и МП с высшими гармоническими составляющими необходимо учесть, что полоса частот должна включать все частоты ЭМП, создаваемые электроустановкой. При этом оценка электрических и магнитных полей осуществляется независимо от времени воздействия. Соотношения «напряженность поля/частота ПДУ» электрических и магнитных полей частотой от 25 Гц до 1000 Гц по РФ для населения [5] приведены в таблице 2, которые предлагается принять в качестве ПБУ для персонала, профессионально связанного с воздействием ЭМП.

Может возникнуть вопрос: а можно ли предельно допустимые уровни ЭМП для населения использовать для лиц, профессионально связанных с воздействием ЭМП? Для ответа на этот вопрос

Таблица 2

ПБУ электрических и магнитных полей частотой от 25 Гц до 1000 Гц

Диапазон частот	ПБУ напряженности электрического поля, $E$ , В/м	ПБУ напряженности магнитного поля, $H$ , А/м
0,025–0,8 кГц	$250/f^*$	$4/f^*$
0,8–1 кГц	$250/f^*$	5

 $f^*$  – частота ЭМП, кГц

нами рассмотрена Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2013/35/ЕС от 26 июня 2013 г. «О минимальных требованиях безопасности для работников в отношении рисков, связанных с физическим воздействием (электромагнитные поля)» [7], в которой установлены ПДУ для электромагнитных полей низкой частоты (Директива ЕС).

По Директиве ЕС, максимальный ПБУ среднесменной энергетической нагрузки электромагнитного поля 25 Гц составляет  $800 \text{ Вт/см}^2$ , что в 10 раз выше, чем предлагаемый по РФ, минимальный – ПБУ среднесменной энергетической нагрузки электромагнитного поля 1000 Гц –  $6 \text{ Вт/см}^2$  – в 100 раз выше. Из вышеуказанного можно сделать вывод, что предлагаемые ПБУ ЭП и МП будут безопасны для лиц, профессионально связанных с воздействием

ЭМП. Также необходимо отметить, что ПБУ для МП и ЭП 50 Гц совпадают с предлагаемыми ПДУ ЭП и МП 50 Гц (для 8-часового воздействия) для персонала, подвергающегося воздействию ЭМП.

Нормирование электромагнитных полей 50 Гц в России на рабочих местах персонала осуществляется дифференцированно, в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле; в таблице 3 представлены ПБУ энергетической нагрузки ЭМП 50 Гц при разной продолжительности экспозиции для напряженности электрического поля 50 Гц, не превышающего значения в 5000 В/м.

Из таблицы 3 видно, что безопасные уровни среднесменной энергетической нагрузки ЭМП для нормируемых показателей изменяются от  $4000 \text{ кВт/м}^2$  до  $66,68 \text{ кВт/м}^2$ , или от  $400 \text{ Вт/см}^2$

Таблица 3

ПБУ среднесменной энергетической нагрузки ЭМП 50 Гц  
вблизи электроустановок при разной продолжительности экспозиции  
на обслуживающий персонал (при общем воздействии)

Продолжительность, ч	ПДУ электрической напряженности, В/м	ПДУ магнитной напряженности, А/м	Энергетическая нагрузка электромагнитного поля, $\Theta$ (50)	ПБУ $\Theta$ (50), $\text{Вт/м}^2$
$\leq 1$	5000	1600	$\Theta_1$	4000000
2	5000	800	$\Theta_2$	2000000
4	5000	400	$\Theta_4$	1000000
8	5000	80	$\Theta_8$	200000
10*	5000*	44,8*	$\Theta_{10}$	112000
12*	5000*	26,7*	$\Theta_{12}$	66700

\*ПДУ ЭП и МП 50 Гц для 10- и 12-часового воздействия по РФ отсутствуют. Для данной продолжительности воздействия на работника предложены ПБУ МП и ЭП 50 Гц, полученные дифференцированно (пропорционально), в зависимости от уровня напряженности поля и продолжительности воздействия.

до 6 Вт/см<sup>2</sup>. Так как рабочая смена у персонала, профессионально связанного с воздействием ЭМП, может длиться и 12 часов, то ПБУ среднесменной энергетической нагрузки ЭМП 50 Гц представлены и для 10- и 12-часовой экспозиции.

В методике предлагается дозовый принцип оценки вредного воздействия ЭМП; с этой целью сформировано понятие: *суточная доза потенциальной энергии облучения ЭМП – это количество падающей энергии излучения ЭМП низкой частоты на площадь тела человека за определенный период (сутки) облучения, определяемое с учетом статистической вероятности ее воздействия.*

Предельно безопасный уровень суточной дозы потенциальной энергии облучения ЭМП определяется производением среднесменной энергетической нагрузки ЭМП, продолжительности воздействия экспозиции за смену, площади тела человека, статистической вероятности воздействия дозы потенциальной энергии ЭМП на персонал за сутки, Вт·ч:

$$D_{\text{сут}}(f) = \mathcal{E}_{\text{ПБУ}}(f) \cdot t_i \cdot S \cdot p_i, \quad (2)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{ПБУ}}(f)$  – среднесменная энергетическая нагрузка ЭМП, Вт/м<sup>2</sup>;  $t_i$  – продолжительность воздействия экспозиции за 1-, 2-, 4-, 8-, 10- и 12-часовую смену, ч;  $S$  – площадь тела человека, м<sup>2</sup>;  $p_i$  – статистическая вероятность воздействия дозы потенциальной энергии ЭМП на персонал за сутки.

Площадь тела человека принята в соответствии с ГОСТ 12.2.049–80 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования» и в среднем составляет 1,73 м<sup>2</sup>.

Статистическую вероятность воздействия дозы потенциальной энергии ЭМП на персонал за сутки можно оценить как соотношение продолжительности экспозиции за смену к продолжительности отсутствия экспозиции:

$$p_i = \frac{t_i}{t_{\text{отд}}}, \quad (3)$$

где  $t_i$  – продолжительность воздействия экспозиции за 1-, 2-, 4-, 8-, 10- и 12-часовую смену, ч;  $t_{\text{отд}}$  – время отдыха между сменами, ч.

В соответствии с выражением (2), ПБУ суточной дозы потенциальной энергии облучения ЭМП 50 Гц приведены в таблице 4.

Из данных таблицы 4 можно сделать вывод, что ПБУ дозы потенциальной энергии облучения ЭМП 50 Гц для продолжительности воздействия от 4 до 12 часов является величиной постоянной и равной 1384 кВт·ч.

По дозовому подходу нормирования ПБУ могут быть одинаковым для 1-, 2-, 4- или 12-часового облучения ЭМП, однако для нормируемых показателей  $E$  и  $H$  при 8-часовом рабочем дне, когда они нелинейно снижены, возникает расхождение в величине суточной дозы потенциальной энергии облучения ЭМП 50 Гц. Необходимо корректировать

Таблица 4

ПБУ суточной дозы потенциальной энергии облучения ЭМП 50 Гц

Время отдыха за сутки, ч	Продолжительность воздействия за сутки, ч	Вероятность облучения за смену	
≤23	1	0,04	301
22	2	0,09	629
20	4	0,2	1384
16	8	0,5	1384
14	10	0,7	1384
12	12	1	1384

существующие ПДУ ЭП и МП 50 Гц. Нормирование ЭМП представляется возможным осуществлять не дифференцированно, по продолжительности воздействия от 1 до 12 часов, а установить ПДУ ЭП и МП продолжительностью до 2-х и более 2-х часов, так как уровни дозы потенциальной энергии облучения ЭМП 50 Гц до 2-х часов с учетом времени отдыха персонала и вероятности отдыха между сменами разные по продолжительности, а после 2-х часов облучения – одинаковые.

В соответствии с дозовым принципом оценки вредного воздействия ЭМП на персонал сформировано понятие: *суточная доза потенциальной поглощенной энергии ЭМП низкой частоты – величина энергии электромагнитного поля (ЭМП), переданная человеку (тканям организма) за определенный период (сутки), определяемая с учетом статистической вероятности ее воздействия и массы тела человека.*

ПБУ суточной дозы потенциальной поглощенной энергии ЭМП выражается в Вт·ч/кг и определяется по:

$$D_{\text{сут}}^{\text{пог}}(f) = \frac{D_{\text{сут}}(f)}{m}, \quad (4)$$

где  $D_{\text{сут}}(f)$  – суточная потенциальная доза энергии облучения ЭМП низкочастотного диапазона, Вт·ч;  $m$  – масса тела человека, принята 70 кг.

ПБУ суточной дозы потенциальной поглощенной энергии ЭМП приведены в таблице 5.

Предлагаемые ПБУ суточной дозы потенциальной поглощенной энергии ЭМП 50 Гц от 4- до 12-часового воздействия составляют 19,77 кВт·ч/кг, для меньшего и равного 2-часовому воздействию – до 8,99 кВт·ч/кг; возникают расхождения в величине потенциальной поглощенной энергии ЭМП.

При необходимости пребывания персонала в зонах с различной напряженностью МП и ЭП низкой частоты, в том числе и при разном роде тока (напряжения) необходимо оценивать не только каждую составляющую  $E$  и  $H$  по отношению к их ПДУ, но и аддитивное воздействие составляющих ЭМП на персонал.

Оценка одновременного воздействия (аддитивного) электрического и магнитного полей на персонал, профессионально связанный с ЭМП, при разном роде тока (напряжения) определяется как сумма отношений фактических (измеренных или расчетных) уровней этих составляющих каждого из них ( $H_1, H_2, \dots H_n$  и  $E_1, E_2, \dots E_n$ ) к их ПДУ ( $\text{ПДУ}_1, \text{ПДУ}_2, \dots \text{ПДУ}_n$ ) для каждого рода тока и частоты переменного тока, которая не должны превышать единицы. При наличии на рабочих местах спектра высших гармонических составляющих напряженностей

Таблица 5

ПБУ суточной дозы потенциальной поглощенной энергии ЭМП 50 Гц

Доза потенциальной поглощенной энергии ЭМП за сутки	ПБУ $D_{\text{сут}}^{\text{пог}}$ 50 Гц, кВт·ч/кг
$D_{1\text{ч-сут}}^{\text{пог}}$	4,30
$D_{2\text{ч-сут}}^{\text{пог}}$	8,99
$D_{4\text{ч-сут}}^{\text{пог}}$	19,77
$D_{8\text{ч-сут}}^{\text{пог}}$	19,77
$D_{10\text{ч-сут}}^{\text{пог}}$	19,77
$D_{12\text{ч-сут}}^{\text{пог}}$	19,77

электрической и магнитной составляющих ЭМП (одновременно от двух и более частот), входящих в частотный диапазон от 25 Гц до 1 кГц, необходимо привести полученные величины напряженностей магнитной и электрической составляющих ЭМП к ПДУ с учетом суммы частотных составляющих по их среднеквадратичным значениям:

$$\frac{H_{\text{пост}}}{H_{\text{ПДУпост}}} + \sum_1^i \sqrt{\left(\frac{H_f}{H_{\text{ПДУ}(f)}}\right)^2} + \frac{E_{\text{пост}}}{E_{\text{ПДУпост}}} + \sum_1^i \sqrt{\left(\frac{E_f}{E_{\text{ПДУ}(f)}}\right)^2} \leq 1, \quad (5)$$

где  $\sqrt{\left(\frac{H_f}{H_{\text{ПДУ}(f)}}\right)^2}$  – среднеквадратичное значение отношений напряженностей магнитного поля от частоты  $f$ ;

$H_f$  – напряженность магнитного поля (измеренная или расчетная) на частоте  $f$ ;

$H_{\text{ПБУ}(f)}$  – ПБУ напряженности магнитного поля на частоте  $f$ ;

$\sqrt{\left(\frac{E_f}{E_{\text{ПДУ}(f)}}\right)^2}$  – среднеквадратичное

значение отношений напряженностей электрического поля от частоты  $f$ ;

$E_{(f)}$  – напряженность электрического поля (измеренная или расчетная) на частоте  $f$ ;

$E_{\text{ПБУ}(f)}$  – ПБУ напряженности электрического поля на частоте  $f$ .

В случае невыполнения условия (5), работодателю необходимо минимизировать фактические (экспериментальные или расчетные) уровни напряженностей  $E$  и  $H$ .

В электровозах переменного тока ВЛ 80<sup>с</sup> проведены экспериментальные исследования уровней напряженностей ЭП и МП, на их основе получены расчетные значения показателей ЭМП, которые сведены в таблицы 6 (для кабины электровоза) и 7 (для машинного отделения). В связи с тем, что персонал, обслуживающий электроподвижной состав, разное время находится в кабине электровоза и машинном отделении, ПБУ ЭП и МП приняты для продолжительности воздействия: в кабине

Таблица 6

Уровни среднесменной энергетической нагрузки в кабине электровоза

Частота, Гц	25	50	75	100	125	150	175	200	225
Э, Вт/м <sup>2</sup>	26,60	1102,74	0,10	2,42	0,01	0,53	0,01	0,08	0,00
Частота, Гц	250	275	300	325	350	375	400	425	450
Э, Вт/м <sup>2</sup>	0,26	0,00	0,02	0,00	0,09	0,00	0,01	0,00	0,08
Частота, Гц	475	500	525	550	575	600	625	650	675
Э, Вт/м <sup>2</sup>	0,00	0,01	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00

Таблица 7

Уровни среднесменной энергетической нагрузки в машинном отделении

Частота, Гц	25	50	75	100	125	150	175	200	225
Э, Вт/м <sup>2</sup>	23,65	164957	2,34	1774,30	0,64	155,98	0,34	47,30	0,18
Частота, Гц	250	275	300	325	350	375	400	425	450
Э, Вт/м <sup>2</sup>	47,15	0,11	7,10	0,09	11,33	0,06	1,87	0,05	3,73
Частота, Гц	475	500	525	550	575	600	625	650	675
Э, Вт/м <sup>2</sup>	0,05	0,78	0,04	2,12	0,02	0,64	0,01	1,34	0,00

электровоза – 7 часов, в машинном отделении – менее 1 часа.

Из таблицы 6 видно, что среднесменная энергетической нагрузка ЭМП не одинакова для рассматриваемых частот. В кабине электровоза максимальный уровень среднесменной энергетической нагрузки зафиксирован для ЭМП 50 Гц – 1102, 74 Вт/м<sup>2</sup>, что ниже ПБУ для 7-часового воздействия на персонал.

Уровни среднесменной энергетической нагрузки в машинном отделении значительно выше, чем в кабине; это объясняется наличием в нем мощного электрооборудования (выпрямительная установка, сглаживающий реактор и т. д.). Максимальный уровень среднесменной энергетической нагрузки ЭМП 50 Гц в машинном отделении составил 164,96 кВт/м<sup>2</sup>, что ниже ПБУ (4000 кВт/м<sup>2</sup>) для 1-часового воздействия на персонал.

Суточная доза потенциальной энергии облучения ЭМП 50 Гц в кабине электровоза ВЛ 80<sup>С</sup> составила 5,48 кВт·ч, что значительно ниже ПБУ (1384 кВт·ч, суточная доза потенциальной поглощенной энергии ЭМП 50 Гц – 78,22 Вт·ч/кг, что ниже ПБУ (19,77 кВт·ч/кг, для 7-часового воздей-

ствия). Суточная доза потенциальной энергии облучения ЭМП 50 Гц в машинном отделении электровоза ВЛ 80<sup>С</sup> – 11,42 кВт·ч, что ниже ПБУ (301 кВт·ч), суточная доза потенциальной поглощенной энергии ЭМП 50 Гц – 163 Вт·ч/кг, что ниже ПБУ (19,77 кВт·ч/кг, для 7-часового воздействия).

При оценке аддитивного воздействия переменных ЭП, МП низкой частоты от 25 Гц до 1000 Гц и постоянных МП на персонал, обслуживающий электроподвижной состав (ВЛ 80<sup>С</sup>), получено невыполнение условия (5): превышение единицы в 5,5 раза; для сохранения здоровья работников работодателю необходимо минимизировать фактические уровни напряженностей  $E$  и  $H$ .

Проведенная оценка электромагнитной обстановки на электроподвижном составе говорит, что одновременно присутствуют постоянные магнитные поля, электрические и магнитные поля спектра высших гармонических составляющих. При аддитивной оценке вышеуказанных ЭМП условие безопасного воздействия их на персонал не выполняется, поэтому необходимо разработать организационно-технические мероприятия для снижения их вредного воздействия на персонал. ■

### Литература

1. Климченко Л. Н. Безопасность труда при эксплуатации и ремонте подвижного состава в условиях влияния магнитных полей : дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Ростов-на-Дону : РГУПС, 1984. 200 с. Защищена 20.09.1984.
2. Закирова А. Р. Защита электротехнического персонала от вредного воздействия электромагнитных полей : монография / А. Р. Закирова. – Екатеринбург : УрГУПС, 2018. – 171 с.
3. Ширшов А. Б. Средства защиты от вредного и опасного воздействия электромагнитных полей тяговой сети : дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Екатеринбург : УрГУПС, 2006. 104 с. Защищена: 27.09.2006.
4. Закирова А. Р. Защита электротехнического персонала тягового электроснабжения от вредного воздействия электромагнитных полей : дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Екатеринбург : УрГУПС, 2013. 160 с. Защищена: 23.05.2013.
5. Закиев Е. Э. Опасные электромагнитные поля на подвижном составе и в локомотивном депо электрифицированных железных дорог : дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – М. : ВНИИЖТ, 2007. 175 с. Защищена: 25.04.2007.
6. ГОСТ Р 54148–2010 (ЕН 50366:2003) Воздействие на человека электромагнитных полей от бытовых и аналогичных электрических бытовых приборов. М. : Стандартинформ, 2011. 31с.
7. СанПиН 2.2.4.3359–16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. – М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2016. 75 с.

8. Directive 2013/35/EU of the European parliament and of the council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20-th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). N L 179, 29.06.2013.

#### **Literature**

1. Klimchenko L.N. Work safety in exploitation and repairs of the rolling stock under magnetic fields impact conditions: Candidate's dis. (technical science). – Rostov-on-the-Don : RSURT, 1984. 200 p. Defended on 20.09.1984.
2. Zakirova A. R. Protection of the electric personnel from harmful impact of electromagnetic fields: monograph / A. R. Zakirova. – Ekaterinburg : USURT, 2018. – 171 p.
3. Shirshov A. B. Protective equipment from hazardous and dangerous impact of traction grid electromagnetic fields: Candidate's diss.(technical science). – Ekaterinburg : USURT, 2006. 104 p. Defended on 27.09.2006.
4. Zakirova A. R. Protection of the traction power supply electric personnel from harmful impact of electromagnetic fields: Candidate's diss. (Technical science). – Ekaterinburg : USURT, 2013. 160 p. Defended on 23.05.2013.
5. Zakiev E. E. Hazardous electromagnetic fields on the rolling stock and in the locomotive depot of electrified railways: Candidate's diss. (technical science). – M. : VNIIZT, 2007. 175 p. Defended on 25.04.2007.
6. GOST P 54148–2010 (EH 50366:2003) Impact of electromagnetic fields from home and analogous electric home appliances on a human being. M. : Standardinform, 2011, 31 p.
7. SanPiN 2.2.4.3359–16. Sanitary and epidemiology requirements to physical factors at work stations. – M. : Russia's Health Ministry Gossanepidnadzor federal centre, 2016. 75 p.
8. Directive 2013/35/EU of the European parliament and of the council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20-th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). N L 179, 29.06.2013.

*Статья сдана редакцию 1 сентября 2018 года*

## Уважаемые коллеги!

### Информирую вас о требованиях, предъявляемых к оформлению статей.

При наборе используйте Word-2003 или Word-2007; шрифт (по всему тексту, в том числе в рисунках и таблицах) — тип Times, размер шрифта — 14, межстрочное расстояние — 1,5, абзацный отступ — 1,25 (1,27) см, поля — 2 см; расстановка переносов по всему тексту — автоматическая.

Набор формул: простые формулы и сочетания символов ( $x^2 < y^2$ ;  $E = mc^2$ ;  $a^2 + b^2 = c^2$ ;  $Q_{i-1}$ ;  $\psi_j$ ) — только в текстовом режиме, сложные

$$\left( s^2 = \frac{1}{n-1} \left[ \sum_{j=1}^e x_j^2 n_j - \frac{1}{n} \left( \sum_{j=1}^e x_j n_j \right)^2 \right] \right); \left( \frac{\sigma_a}{[n]} \right)$$

или  $S_i^m$ ) — только в редакторе формул

Equation или в MathType.

Написание букв: русские (а, б, в, А, Б, В), греческие ( $\Theta$ ,  $\Sigma$ ,  $\Omega$ ,  $\Psi$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$ ,  $\lambda$ ,  $\pi$ ), а также цифры и функции (1, 2, 3; I, II, III; max, lg, sin и т.п.) пишутся только прямо; латинские ( $a$ ,  $b$ ,  $n$ ,  $A$ ,  $B$ ,  $N$  и т.д.) — только курсивом. Исключение — курсив во вспомогательном тексте (слова «Таблица» и «Рис.», примечания в рисунках и ссылки в тексте на эти примечания).

Оформление текста: левый верхний край — инициалы, фамилия; заголовков — все буквы ПРОПИСНЫЕ, жирные, расположение — по центру набора; таблиц и рисунков: в таблицах размер шрифта — на полтора-два размера меньше, чем в основном тексте (11,5–12), расположение текста в «шапке» таблицы — по центру, в столбцах — по ширине; межстрочное расстояние — 1; слово «Таблица» — курсивное начертание, в правый край таблицы; название таблицы — начертание нормальное (прямое), расположение — по центру таблицы. В рисунках (графиках, диаграммах): размер подрисуноч-

ной подписи — 14, расположение — по центру набора, слово «Рис.» — курсив, название рисунка — нормальное начертание, описание рисунка (экспликация) — нормальное начертание, условные обозначения — курсивное начертание, их расшифровка — нормальное. Расположение таблиц и рисунков — строго после ссылки на них.

Кроме того, рисунки обязательно прилагаются к материалу (один рисунок — один файл; формат — \*.jpg).

Ссылки на литературу в тексте пишутся в квадратных скобках ([1], [1, 2] или [3–5]); нумерация сквозная. Список литературы/источников оформляется по ГОСТ 7.0.5–2008.

В конце статьи обязательно ставится дата отсылки материала в редакцию.

Объем статьи — не более 14-ти страниц.

Название файла: Фамилия. Первое слово заголовка. Подчеркивание. Последнее слово заголовка (Сидоров. Синтез\_электроприводом).

К материалу (статье) обязательно прилагаются (отдельным файлом): УДК, сведения об авторе, аннотация, ключевые слова (название файла: УДК 000. Сидоров. Синтез\_электроприводом).

Материалы для очередного номера журнала «Вестник УрГУПС» принимаются до 30 числа первого месяца квартала (до 30-го января, 30-го апреля, до 30-го июля, до 30-го октября). Материалы, поступившие в редакцию после 30-го числа, будут опубликованы только в следующем номере.

Успешной работы!

*Л. Барышникова,  
литературный и выпускающий  
редактор журнала «Вестник УрГУПС»*

### Уважаемые читатели и авторы журнала «Вестник УрГУПС»!

Если вам нравится наш журнал, вы можете оказать содействие в его развитии, перечислив денежные средства по реквизитам:

Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС

ИНН-КПП 6670317893/667001001

ОГРН 1156600001470

620075, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Шевченко, д. 20, помещение 1

Р/с 40703810863010000192

в ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ

к/с 30101810900000000795

БИК 046577795

**Назначение платежа:** «Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС».

Ваша финансовая поддержка позволит нам увеличить число публикаций, повысить индексы цитирования журнала и наших авторов.

### Уважаемые руководители инновационных компаний и предприятий!

Предлагаем вам услуги по продвижению вашей продукции через сеть Ассоциации выпускников УЭМИИТ-УрГУПС.

Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС – это кооперация большого числа неравнодушных людей различных сфер деятельности, окончивших наш университет.

Кроме того, предлагаем услуги по подбору молодых специалистов, по организации поиска решений прикладных и научных задач в рамках диссертационных работ, выполняемых в УрГУПС.

Всю необходимую информацию вы можете получить по тел. (343) 221-24-67 или на сайте <http://www.usurt.ru/vypusknikam/assotsiatsiya-vypusknikov-urgups>

<b>Извещение</b>	<p><b>Получатель:</b> <u>Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС</u> <b>КПП:</b> <u>667001001</u> <b>ИНН:</b> <u>6670317893</u> <b>ОКТМО:</b> <u>65701000</u> <b>Р/сч.:</b> <u>40703810863010000192</u> <b>в:</b> <u>ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ</u> <b>БИК:</b> <u>046577795</u> <b>К/сч.:</b> <u>30101810900000000795</u> <b>Код бюджетной классификации (КБК):</b> _____ <b>Платеж:</b> <u>Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС</u> <b>Плательщик:</b> _____ <b>Адрес плательщика:</b> _____ <b>ИНН плательщика:</b> _____ <b>№ л/сч. плательщика:</b> _____ <b>Сумма:</b> _____ руб. ____ коп.</p> <p>Подпись: _____ Дата: «___» _____ 2018 г.</p>
<b>Квитанция</b>	<p><b>Получатель:</b> <u>Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС</u> <b>КПП:</b> <u>667001001</u> <b>ИНН:</b> <u>6670317893</u> <b>ОКТМО:</b> <u>65701000</u> <b>Р/сч.:</b> <u>40703810863010000192</u> <b>в:</b> <u>ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ</u> <b>БИК:</b> <u>046577795</u> <b>К/сч.:</b> <u>30101810900000000795</u> <b>Код бюджетной классификации (КБК):</b> _____ <b>Платеж:</b> <u>Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС</u> <b>Плательщик:</b> _____ <b>Адрес плательщика:</b> _____ <b>ИНН плательщика:</b> _____ <b>№ л/сч. плательщика:</b> _____ <b>Сумма:</b> _____ руб. ____ коп.</p> <p>Подпись: _____ Дата: «___» _____ 2018 г.</p>

ф. СП-1



**АБОНЕМЕНТ**

на ~~газету~~  
журнал

**70070**

(индекс издания)

**Вестник УргУПС**

(наименование издания)

Количество  
комплектов:

на 2019 год по месяцам:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	X	X	X	X	X						

**Куда**

(почтовый индекс)

(адрес)

**Кому**

(фамилия, инициалы)

**ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА**

ПВ	место	литер

на ~~газету~~  
журнал

**70070**

(индекс издания)

**Вестник УргУПС**

(наименование издания)

Стои- мость	подписки	_____ руб. ____ коп.	Количество комплектов:
	переадресовки	_____ руб. ____ коп.	

на 2019 год по месяцам:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	X	X	X	X	X						

**Куда**

(почтовый индекс)

(адрес)

**Кому**

(фамилия, инициалы)