

Перспективы внедрения электровоза 2ЭС5К в эксплуатацию на полигоне Западно-Сибирской железной дороги

К.И. Доманов✉, В.А. Давыдов

Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, Российская Федерация

✉dki35@ya.ru

Резюме

Железнодорожный транспорт является неоспоримым лидером в перевозочном процессе на территории России. В современных реалиях вопрос грузоперевозок стратегически важен, поэтому железнодорожная отрасль заинтересована в изменениях, которые будут способствовать адаптации и оперативному перестроению перевозочного процесса под влиянием сторонних факторов на международные транспортные коридоры, значительная часть которых пролегает по территории России. В данной статье рассмотрены параметры и профили железнодорожных участков Среднесибирского хода Западно-Сибирской железной дороги. Рассчитан удельный вес легких элементов пути с уклонами, находящимися в диапазоне от -3 до $+3$ ‰, для тяговых плеч, имеющих лимитирующие уклоны на данном полигоне железных дорог. В работе указаны причины, которые обосновывают необходимость обновления корпоративного парка электровозов на исследуемых участках. Приведен сравнительный анализ технических характеристик и межремонтных периодов магистральных грузовых электровозов серии ЭС5К и двухсекционных электровозов ВЛ80С. Представлены результаты тяговых расчетов для определения требуемых тяговых единиц для заданного тягового плеча, на которых предполагается внедрить в эксплуатацию магистральный грузовой электровоз серии ЭС5К, с учетом подталкивающих локомотивов. По результатам расчета потребного парка локомотивов на рассматриваемом железнодорожном участке выявлено, что новых электровозов 2ЭС5К требуется на 29 ед. меньше в сравнении с электровозами ВЛ80С. Сделаны выводы о перспективах дальнейшего исследования потенциального использования в эксплуатации электровозов серии ЭС5К на участках Западно-Сибирской железной дороги электрифицированных на переменном токе.

Ключевые слова

электрическая тяга поезда, Среднесибирский ход, железнодорожный транспорт, обновление подвижного состава, электровоз 2ЭС5К, электровоз ВЛ80С, потребный парк локомотивов, лимитирующий уклон, технико-экономический расчет

Для цитирования

Доманов К.И. Перспективы внедрения электровоза 2ЭС5К в эксплуатацию на полигоне Западно-Сибирской железной дороги / К.И. Доманов, В.А. Давыдов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2022. № 4 (76). С. 183–191. DOI 10.26731/1813-9108.2022.4(76).183-191.

Информация о статье

поступила в редакцию: 7.11.2022 г.; поступила после рецензирования: 19.12.2022 г.; принята к публикации: 20.12.2022 г.

Prospects for commissioning of the 2ES5K electric locomotive at the West Siberian Railway Poligon

K.I. Domanov, V.A. Davydov

Omsk State Transport University, Omsk, the Russian Federation

✉dki35@ya.ru

Abstract

Railway transport is the undisputed leader in the transportation process in Russia. In modern realities, the issue of cargo transportation is strategically important, therefore, the railway industry is interested in changes that will contribute to the adaptation and operational restructuring of the transportation process under the influence of external factors on international transport corridors, a significant part of which runs through the territory of Russia. This article discusses the parameters and profiles of the railway sections of the Central Siberian course of the West Siberian Railway. The specific weight of light track elements with slopes in the range from -3 to $+3$ ‰ for traction arms with limiting slopes of the railway polygon under consideration is calculated. The paper presents the reasons that justify the need to update the corporate fleet of electric locomotives in the areas under consideration. The article presents a comparative analysis of the technical characteristics and overhaul periods of mainline freight electric locomotives of the ES5K series in comparison with the two-section electric locomotive VL80S. The results of traction calculations are presented to determine the required traction units for a given traction arm, on which it is supposed to put into operation the main freight electric locomotive of the ES5K series, taking into account pushing locomotives. The paper presents the results of calculating the required fleet of locomotives on the considered railway section. The calculation showed that new 2ES5K electric locomotives require 29 fewer locomotives compared to VL80S electric locomotives. Conclusions are drawn about the pro-

spects for further research on the potential use of electric locomotives of the ES5K series in operation on sections of the West Siberian Railway electrified on alternating current.

Keywords

train electric traction, Central Siberian course, railway transport, rolling stock renewal, electric locomotive 2ES5K, electric locomotive VL80S, required locomotive fleet, limiting slope, feasibility study

For citation

Domanov K.I., Davydov V.A. Perspektivy vnedreniya elektrovoza 2ES5K v ekspluatatsiyu na poligone Zapadnosibirskoi zheleznoi dorogi [Prospects for commissioning of the 2ES5K electric locomotive at the West Siberian Railway Polygon]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2022, no. 4 (76), pp. 183–191. DOI: 10.26731/1813-9108.2022.4(76).183-191.

Article info

Received: November 7, 2022; Revised: December 19, 2022; Accepted: December 20, 2022.

Введение

Перераспределение грузовых потоков в современных реалиях ставит перед локомотивным комплексом новые задачи, связанные с обеспечением тяговыми ресурсами для выполнения заявленного объема перевозочной работы [1–3]. Важной особенностью изменения условий организации перевозочного процесса и направлений следования грузопотоков стало образование крупных выгрузочных районов экспортных грузов в местах расположения морских портов на Северо-Западе и Юге Европейской части страны и на Дальнем Востоке [4–7]. Имеет место высокий уровень концентрации погрузки экспортных грузов на железных дорогах. В результате образовались загруженные направления большой протяженности, проходящие по нескольким железным дорогам. Железные дороги России включают в себя группу из восьми участков со значительными обменами грузопотоками, которые интегрированы в международные транспортные коридоры [8]:

- Южный регион;
- Регион Юг – Северо-Запад;
- Урало-Сибирский регион;
- Урало-Поволжский регион;
- Кузбасс – Дальний Восток;

- Кузбасс – Юг;
- Кузбасс – Центр;
- Кузбасс – Северо-Запад.

Анализируя транспортные коридоры и перемещаемую по ним продукцию, можно сделать вывод о важном стратегическом значении Кузбасского региона – ведущего угледобывающего центра России [9]. Железнодорожные пути, которые входят в состав транспортных коридоров, берущих свое начало в Кузбассе, пролегают через Урало-Сибирский и Восточный полигоны железных дорог. В частности, значительная протяженность пути пролегает по участкам Западно-Сибирской железной дороги. По ней осуществляются основные грузоперевозки зерна и продуктов его перемола, нефти и нефтепродуктов, железной и марганцевой руды, строительных грузов, кокса, черных металлов, каменного угля. Большая часть указанных грузов перевозится по железнодорожным путям Среднесибирского хода (рис. 1). Данная железнодорожная магистраль соединяет территории Кузбасса, Алтайского края, Новосибирскую и Омскую области. Среднесибирского ход – это угольная артерия России, по нему проходит основной поток угля в западную часть страны [10].

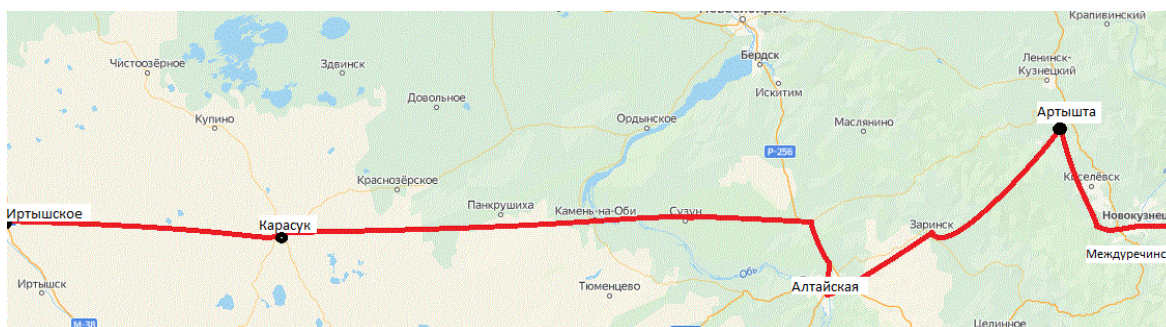


Рис. 1. Схема Среднесибирского хода
Fig. 1. The scheme of the Mid-Siberian course

Основной транспортируемой продукцией по Среднесибирскому ходу является каменный уголь [11]. До выхода поезда на «главный ход» (Транссибирская магистраль), состав проходит полигон Междуреченск – Входная. На этом полигоне участки Междуреченск – Артышта 2 длиной 159 км и Иртышское – Входная длиной 164 км электрифицированы на постоянном токе напряжением в контактной сети 3 000 В. На данном железнодорожном участке эксплуатируются электровозы серии ЭС10, ЭС6, ВЛ10 и ВЛ11. Участок Артышта 2 – Алтайская – Карасук – Иртышское длиной 872 км электрифицирован на однофазном переменном токе напряжением в контактной сети 25 000 В промышленной частоты 50 Гц. На этом участке эксплуатируются электровозы серий ВЛ80С и ВЛ80Т [12]. На полигоне Алтайская – Карасук – Иртышское, согласно [12–14], формируются, отправляются и принимаются поезда весом 14 200 т.

Рассматриваемые железнодорожные участки имеют холмисто-горный профиль и условно относятся к I и II типам. На рис. 2 и 3 приведены участки Среднесибирского хода, имеющие лимитирующие уклоны и равнинный профиль пути [15].

Профиль пути рассматриваемого участка относится ко II типу профиля.

Удельный вес легких элементов пути с уклонами в диапазоне от –3 до +3 ‰ составил:

$$k = 122,3/199,9 = 61,2 \text{ \%}.$$

На данном участке величина расчетного подъема составляет в четном направлении 9,4 ‰, в нечетном – 9,1 ‰.

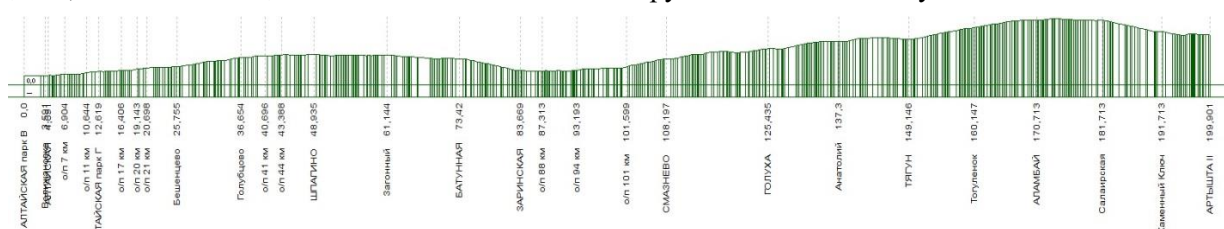


Рис. 2. Профиль пути участка Алтайская – Артышта 2 Западно-Сибирской железной дороги
Fig. 2. Track profile of the Altayskaya – Artyshhta 2 section of the West Siberian railway

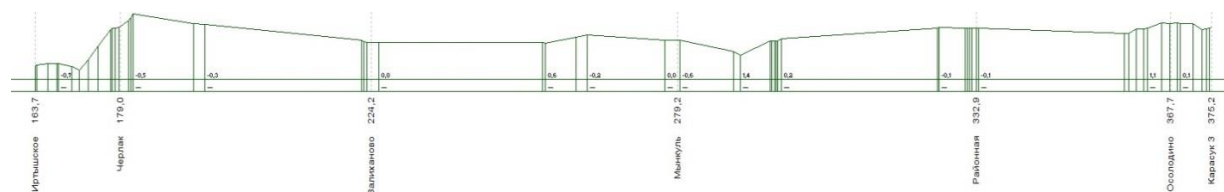


Рис. 3. Профиль пути участка Иртышское – Карасук Западно-Сибирской железной дороги
Fig. 3. Track profile of the Irtysh – Karasuk section of the West Siberian railway

Участок характеризуется легким (равнинным) профилем пути с уклоном до 4,2 ‰ и относится к I типу.

Удельный вес легких элементов пути с уклонами, находящимися в диапазоне от –3 до +3 ‰ составляет:

$$k = 163,7/163,8 = 99,9 \text{ \%}.$$

При организации и осуществлении перевозочного процесса на исследуемом полигоне актуальным является вопрос обеспечения бесперебойным и необходимым количеством тягового ресурса.

Эксплуатируемый парк

На участках Артышта 2 – Иртышское Среднесибирского хода Западно-Сибирской железной дороги используются в эксплуатации электровозы серии ВЛ80С 1980–1990 гг. выпуска. Средний возраст эксплуатируемых электровозов указанной серии – 37 лет. Согласно [16], предельный срок эксплуатации электровозов ВЛ80С составляет 30 лет. Таким образом, основная часть локомотивного парка Среднесибирского хода в скором времени будет списана. Всего в приписном парке Карасук в эксплуатации 197 локомотивов серии ВЛ80С.

К основным предпосылкам обновления парка электровозов рассматриваемого полигона относятся:

- необходимость замены локомотивного парка, выработавшего свой ресурс;
- несоответствие технических параметров электровозов серии ВЛ80С для перевозки грузов на отдельных участках без использова-

ния подталкивающих локомотивов;

– повышение средних технической и участковой скоростей без снижения весовых норм на лимитирующих отрезках пути;

– снижение потребного парка электровозов и повышение экономической эффективности за счет сокращения стоимости жизненного цикла электровозов новой серии в сравнении с используемыми.

Для осуществления замены электровозов с истекшим сроком службы, а также с целью повышения эффективности перевозки грузов за счет снижения времени оборота локомотивов без уменьшения весовых норм поездов, необходимо приобретение современных магистральных грузовых электровозов.

Перспективным электровозом для выполнения заданного объема перевозочной работы на исследуемом участке может являться электровоз пятого поколения 2ЭС5К «Ермак». Он изначально был спроектирован на Новочеркасском электровозостроительном заводе для замены электровозов старых серий ВЛ80в/и и ВЛ60в/и. Он имеет лучшие тяговые характеристики в сравнении с ВЛ80С. На «Ермаке» установлено современное оборудование безопасности движения: КЛУБ-У, САУТ-ЦМ/485 и ТСКБМ. Также установлена микропроцессорная система управления с расширенной диагностикой оборудования МСУД-015 [17, 18]. Она предназначена для управления тяговым приводом и аппаратами цепей управления, поосного регулирования тяговыми электродвигателями (ТЭД), в том числе в режиме тяги с независимым возбуждением

ТЭД, и диагностирования основных систем электровоза для его защиты. Кроме того, МСУД-015 учитывает данные о состоянии бортового оборудования электровоза. Система может оперативно передавать информацию (через блок БРПД-003 по сетям стандарта GSM в режиме реального времени) на серверы завода и локомотивного депо о состоянии основного оборудования электровоза, об управляющих действиях машиниста и местоположении локомотива (определение координат с помощью системы ГЛОНАСС) при возникновении нестандартных ситуаций. Усовершенствованы конструкция кабины управления, установлены термоэлектрические кондиционеры и панельные нагреватели, в целом улучшены условия работы локомотивной бригады (электровоз оборудован холодильником и сантехническим оборудованием) [19–22]. На рис. 4 представлен общий вид электровозов серии ВЛ80С и 2ЭС5К.

Согласно [12], на ст. Артышта 2 и ст. Заринская при движении поездов массой более 4 100 т необходимо использовать подталкивающий локомотив. Для прицепки к составу подталкивающего локомотива требуется остановка поезда, что ведет к снижению эксплуатационных показателей тягового подвижного состава: линейный пробег локомотива, коэффициент его участковой скорости, суточный пробег, расчетная скорость следования локомотива с поездом. Технические характеристики электровоза серии ЭС5К позволяют исключить подталкивающие локомотивы на тяговых плечах. В табл. 1 приведены технические характеристики электровозов



а



б

Рис. 4. Общий вид магистральных грузовых электровозов:
а – ВЛ80С; *б* – 2ЭС5К «Ермак»

Fig. 4. General view of mainline freight electric locomotives:
a – VL80S; *b* – 2ES5K «Ermak»

ВЛ80С, 2ЭС5К и 4ЭС5К [22].

Завод изготовитель при проектировании электровоза 2ЭС5К увеличил нормы межремонтных периодов в сравнении с ВЛ80С, что позволит снизить нагрузку на сервисные локомотивные депо, обслуживающие корпоративный

парк Среднесибирского хода Западно-Сибирской железной дороги. В табл. 2 приведены нормы технического обслуживания (ТО) и ремонта (ТР – текущий ремонт; СР – средний ремонт; КР – капитальный ремонт) рассматриваемых электровозов [23].

Таблица 1. Основные характеристики электровозов ВЛ80С, 2ЭС5К, 4ЭС5К

Table 1. Main characteristics of electric locomotives VL80S, 2ES5K, 4ES5K

Наименование параметра Parameter name	Значения параметров Parameter values		
	ВЛ80С	2ЭС5К	4ЭС5К
Осевая формула Axial formula	2(2 ₀ -2 ₀)	2(2 ₀ -2 ₀)	4(2 ₀ -2 ₀)
Масса, т Weight, t	192	192	400
Нагрузка на ось, т Axle load, t	24	24	25
Род тока и напряжение контактной сети The type of current and voltage of the contact network	Переменный ток номинальным напряжением 25 кВ Alternating current with rated voltage of 25 kV		
Двигатель Engine	НБ-418166	НБ-514Б	НБ-514Е
Мощность часового режима, кВт Hourly power, kW	6 520	6 560	13 120
Мощность длительного режима, кВт Continuous mode power, kW	6 160	6 120	12 240
Сила тяги часового режима, кН Traction force of hourly mode, kN	451	464	928
Сила тяги длительного режима, кН Long-term traction force, kN	409	423	845
Скорость часового режима, км/ч Hourly speed, km/h	51,6	49,9	51
Скорость длительного режима, км/ч Continuous mode speed, km/h	53,6	51	51
Скорость максимальная, км/ч Maximum speed, km/h	110	110	110
Коэффициент полезного действия, % Efficiency, %	84	86	86

Таблица 2. Периодичность выполнения технических обслуживаний и ремонтов

Table 2. Frequency of maintenance and repairs

Локомотив Locomotive	ТО-2, ч Maintenance, h		ТР-1, тыс. км	ТР-2, тыс. км	ТР-3, тыс. км	КР-1, тыс. км	КР-2, тыс. км
ВЛ80С	72		20	200	600	1 200	2 400
			ТР-50, тыс. км	ТР-250, тыс. км	ТР-500, тыс. км	СР, тыс. км	КР, тыс. км
2,4ЭС5К	Моторно-осевой подшипник скольжения, ч Motor-axial plain bearing, h	Моторно- осевой под- шипник качения, ч Motor-axial friction bearing, h	50	250	500	1 000	3 000
	72	240					

Расчет потребного парка на Среднесибирском ходу

По участку Артышта 2 – Иртышское ежегодно обеспечивается грузооборот в размере 55,2 млн т. Данный участок дороги характеризуется умеренной грузонапряженностью и профилем пути средней сложности. Существующие эксплуатационные условия на указанном участке Среднесибирского хода при действующем парке локомотивного хозяйства Западно-Сибирской железной дороги приводит к необходимости увеличения количества локомотивов (при использовании их в качестве подталкивающей тяги) и, соответственно, росту расходов

на их содержание. На основании проведенных теоретических тяговых расчетов с использованием данных [12, 24] в табл. 3 представлена сводная информация по составностям тяговых единиц в зависимости от массы поезда на тяговом плече Артышта 2 – Алтайская, имеющем лимитирующие уклоны.

Расчет потребного парка новых локомотивов для участка переменного тока Артышта 2 – Иртышская делается на основе [25]:

$$M_n = \frac{K_T \cdot K_{Л}}{(1 - \alpha_{Л}) \cdot 24} \cdot \left(\frac{2 \cdot L_p}{V_{уч.}} \cdot t_{Л} \right) \cdot n_{гр},$$

где K_T – коэффициент кратности тяги; $K_{Л}$ – ко-

Таблица 3. Требуемые тяговые единицы для тягового плеча Артышта 2 – Алтайская

Table 3. Required traction units for the traction arm of the Artysh 2 – Altayskaya

Показатель Indicator	Направление Direction	Значение Value	Тяговая единица Traction unit	
			2ЭС5К	ВЛ80С
Среднестатистическая масса поезда, т Average train weight, t	Четное	3 900	1	1
	Нечетное	5 700	1	1+1 толкач
Весовая норма поезда, т Weight norm of the train, t	Четное	6 000	1	1
	Нечетное	6 200	1	1+1 толкач
Перспективная весовая норма поезда, т Perspective weight norm of the train, t	Четное	6 600	1	1
	Нечетное	7 000	1+1 толкач	1+1 толкач

Таблица 4. Потребный парк локомотивов на участке переменного тока Артышта 2 – Иртышское Западно-Сибирской железной дороги

Table 4. The required fleet of locomotives on the alternating current section of Artysh 2 – Irtyshskoe West Siberian Railway

Наименование параметра Parameter name	ВЛ80С	2ЭС5К
Коэффициент, учитывающий неравномерность движения Coefficient taking into account uneven movement	1,2	1,2
Коэффициент учитывающий кратность тяги Coefficient taking into account the traction multiplicity	1	1
Доля неисправных локомотивов, зависящая от величины межремонтных пробегов, времени простоя локомотива на плановых и внеплановых ремонтах Share of out-of-service locomotives, depending on the length of overhaul runs, locomotive downtime for scheduled and unscheduled repairs	0,15	0,04
Длина расчетного участка, км / Estimated section length, km	872	872
Длина расчетного участка (туда и обратно), км The length of the estimated section (both ways), km	1 744	1 744
Участковая скорость, км/ч / Local speed, km/h	51,3	51,3
Среднее время простоя, ч / Average idle time, h	3	3
Объем перевозок в груженом направлении, млн т The volume of traffic in the loaded direction, million tons	55,2	55,2
Количество дней в году / Number of days in a year	365	365
Средний вес поезда, т / Average train weight, t	5 600	6 300
Соотношение массы поезда нетто к массе брутто / Ratio of train net to gross weight	1,00	1,00
Итоговый потребный парк / Total required park	199	170
Коэффициент учета роста производительности 2ЭС5К по сравнению с ВЛ80С Accounting factor for productivity growth 2ЭС5К compared to ВЛ80С	1,17	

эффицент неравномерности движения; α_n – доля неисправных локомотивов, зависящая от величины межремонтных пробегов, времени простоя локомотива на плановых и внеплановых ремонтах; L_p – длина расчетного участка; $V_{уч}$ – участковая скорость; $t_{л}$ – среднее время простоя; $n_{гр.}$ – число поездов в груженом направлении, пар поездов в сутки.

Число поездов в груженом направлении определяется по формуле:

$$n_{гр} = \frac{\Gamma_{гр} \cdot 10^6}{365 \cdot Q_{ср} \cdot \gamma}$$

где $\Gamma_{гр}$ – объем перевозок в груженом направлении, млн т; 365 – количество дней в году; $Q_{ср}$ – средний вес поезда, т; γ – соотношение массы поезда нетто к массе брутто [25]. Сводные данные и результаты расчетов представлены в табл. 4.

Заключение

В настоящее время в ОАО «РЖД» ведется работа по обновлению корпоративного локомотивного парка. В первую очередь подлежат замене локомотивы, которые эксплуатируются на участках железных дорог Восточного полигона [10]. Устаревающие магистральные грузовые электровозы переменного тока ВЛ80С, эксплуатирующиеся на Среднесибирском ходу, без сомнений в скором будущем

подлежат замене на электровозы, которые будут отвечать современным техническим требованиям и способствовать увеличению пропускной и провозной способностей Западно-Сибирской железной дороги. Таким локомотивом является магистральный грузовой электровоз пятого поколения серии ЭС5К. Он зарекомендовал себя как надежный локомотив во время эксплуатации на Восточном полигоне.

По результатам расчетов установлено, что для существующего объема перевозочной работы на участке Артышта 2 – Иртышское Западно-Сибирской железной дороги требуется на 29 двухсекционных электровозов серии ЭС5К меньше, чем двухсекционных электровозов ВЛ80С, которые в настоящее время находятся в эксплуатации на участках Среднесибирского хода. В рамках дальнейшего исследования перспектив использования в эксплуатации на рассматриваемых участках электровозов серии ЭС5К необходимо произвести расчет технико-экономического обоснования замены парка локомотивов серии ВЛ80С Западно-Сибирской железной дороги новыми электровозами методом сравнения затрат на приобретение и эксплуатацию новых локомотивов с затратами по обновлению и содержанию существующего парка электровозов.

Список литературы

1. Дяо Сюэха. Экономическое сотрудничество северо-восточного региона Китая и ДВ России в новых условиях: состояние, возможности и предложение // Теоретическая экономика. 2022. №1. С. 70–78.
2. Андрианова Е.В., Давыденко В.А., Ушакова Ю.В. Риски продовольственной безопасности в контекстах новой глобальной реальности // Вестн. Тюмен. гос. ун-та. Социально-экономические и правовые исследования. 2022. Т. 8. № 2 (30). С. 6–66.
3. Обзор рынка железнодорожных контейнерных, морских и авиаперевозок в сообщении Китай – Европа – Китай // П.В. Куренков, С.П. Вакуленко, А.П. Иванов и др. // Вестник СамГУПС. 2022. № 2 (56). С. 25–33.
4. Щербанин Ю.А. Сибирь – Дальний Восток: грузоперевозки в направлении морских портов, влияние внешних факторов. // Вопросы новой экономики. 2022. № 2 (62). С. 47–58.
5. Юматов И.Н. Проблемы развития контейнерных перевозок // Железнодорожный транспорт. 2022. № 8 (30). С. 17–19.
6. Меркулов А.С., Иванова В.С. Анализ проблем инвестирования в Восточный полигон и пути их решения // Молодая наука Сибири. 2022. №2 (16). С. 426–435 : электрон. науч. журн. URL: <https://ojs.irgups.ru/index.php/mns/article/view/611> (Дата обращения 18. 11.2022).
7. Катровский А.П. Эволюция транспортной сети Российско-Белорусского приграничья: опыт историко-географического исследования // Вестн. Балт. федер. ун-та им. И. Канта. Сер. Естественные и медицинские науки. 2022. № 2. С. 5–29.
8. Осминин А.Т. Научные подходы к расчету границ полигонов управления перевозочным процессом и реализации полигонных технологий // Бюл. Объединённого учёного совета ОАО «РЖД». 2017. № 2. С. 42–57.
9. Хохрина О.И. Кузбасс-2035: территория как драйвер роста экономики // Мир экономики и управления. 2020. Т. 20. № 4. С. 61–77.
10. Годовой отчет открытого акционерного общества «Российские железные дороги» за 2021 год. М. : ОАО «РЖД», 2022. 143 с.
11. Западносибирская железная дорога // rzd.ru : сайт. URL: <https://zsrd.rzd.ru/ru/2770> (Дата обращения: 5.11.2022).
12. Об установлении норм масс и длин пассажирских и грузовых поездов на участках, обслуживаемых Западносибирской дирекцией тяги : приказ дирекции тяги ОАО «РЖД» от 10.10.2018 № ЦТ-224.

13. Об утверждении Инструкции по организации обращения грузовых поездов повышенной массы и длины на железнодорожных путях общего пользования ОАО «РЖД»: распоряжение ОАО «РЖД» от 01.09.2016 № 1799р.
14. Об утверждении Инструкции по организации обращения грузовых поездов повышенной массы и длины на инфраструктуре Западносибирской железной дороги: приказ начальника Западносибирской железной дороги – филиала ОАО «РЖД» от 04.07.2017 № 3-Сиб-230.
15. Режимные карты вождения грузовых поездов электровозами эксплуатационного локомотивного депо Карасук. Западносибирская дирекция тяги. Новосибирск: ДТ ЗС, 2008. 216 с.
16. О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы: постановление Правительства РФ № 1 от 01.01.2002 (ред. от 27.12.2019). Доступ из справ.-прав. системы «КонсультантПлюс».
17. Кабанцев А.А. Некоторые изменения в конструкции электровозов 2ЭС5К «ЕРМАК» // Локомотив. 2017. № 1 (721). С. 30–31.
18. Электровозы 2ЭС5К, 3ЭС5К: устранение неисправностей в электрических цепях // Локомотив. 2011. № 5 (653). С. 16–18.
19. Баранов В. А., Викулов И. П., Киселев А.А. Оценка тяговых возможностей электровозов серий ВЛ80в/и 2ЭС5К, следующих с поездами установленных весовых норм на участке Пергуба – Новый Поселок без подталкивания и кратной тяги // Локомотивы. Электрический транспорт. XXI век: материалы VI междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2018. Т. 1. С. 113–120.
20. Денисенко К.П., Солтус К.П., Усвицкий С.А. Бустерная секция электровоза переменного тока 2ЭС5К // Вестн. Всерос. науч.-исслед. и проект.-констр. ин-та электровозостроения. 2006. № 3. С. 78–83.
21. Никонов В.В., Юренко И.К., Калюжный А.А. Анализ результатов эксплуатации грузовых электровозов «Ермак» и пути повышения их эксплуатационных показателей // Вестн. Всерос. науч.-исслед. и проект.-констр. ин-та электровозостроения. 2009. № 1. С. 177–187.
22. Кинжигазиев В.В. Самый мощный в мире электровоз 4ЭС5К // Журнал для партнеров Трансмашхолдинг. 2014. № 4 (12). С. 11–15.
23. О нормах межремонтных пробегов железнодорожного подвижного состава, эксплуатируемого на инфраструктуре ОАО «РЖД»: распоряжение ОАО «РЖД» от 11.08.2016 № 1651р.
24. Об утверждении правил тяговых расчетов для поездной работы: распоряжение ОАО «РЖД» от 12.05.2016 г. № 867р.
25. Айзинбуд С.Я., Кельперис П.И. Эксплуатация локомотивов. М.: Транспорт, 1980. 262 с.

References

1. Dyaoy Syuhua. Ekonomicheskoe sotrudnichestvo severo-vostochnogo regiona Kitaya i DV Rossii v novykh usloviyakh: sostoyanie, vozmozhnosti i predlozhenie [Economic cooperation between the Northeast region of China and the Far East of Russia in new conditions: status, opportunities and offer]. *Teoreticheskaya ekonomika* [Theoretical economics], 2022, no. 1, pp. 70–78.
2. Andrianova E.V., Davydenko V.A., Ushakova Yu.V. Riski prodovol'stvennoi bezopasnosti v kontekstakh novoi global'noi real'nosti [Food security risks in the context of a new global reality]. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Social'no-ekonomicheskie i pravovye issledovaniya* [Bulletin of the Tyumen State University. Socio-economic and legal studies], 2022, vol. 8, no. 2 (30), pp. 6–66.
3. Kurenkov P.V., Vakulenko S.P., Ivanov A.P., Husnutdinov A.I. Obzor rynka zheleznodorozhnykh konteynernykh, morskikh i aviaperevozok v soobshchenii Kitai - Evropa – Kitai [Overview of the railway container, sea and air transportation market in China - Europe – China]. *Vestnik SamGUPS* [Bulletin of Samara State Transport University], 2022, no. 2 (56), pp. 25–33.
4. Shcherbanin Yu.A. Sibir' – Dal'nii Vostok: gruzoperevozki v napravlenii morskikh portov, vliyanie vneshnikh faktorov [Siberia – Far East: cargo transportation in the direction of seaports, the influence of external factors]. *Voprosy novoi ekonomiki* [Issues of the new economy], 2022, no. 2 (62), pp. 47–58.
5. Yumatov I.N. Problemy razvitiya konteynernykh perevozok [Problems of container transportation development]. *Zheleznodorozhnyi transport* [Railway transport], 2022, no. 8 (30), pp. 17–19.
6. Merkulov A.S., Ivanova V.S. Analiz problem investirovaniya v Vostochnyi poligon i puti ikh resheniya [Analysis of the problems of investing in the Eastern Polygon and ways to solve them]. *Molodaya nauka Sibiri* [Young Science of Siberia], 2022, no. 2 (16), pp. 426–435.
7. Katrovskii A.P. Evolyutsiya transportnoi seti Rossiisko-Belorussskogo prigranich'ya: opyt istoriko-geograficheskogo issledovaniya [Evolution of the transport network of the Russian-Belarusian border area: the experience of historical and geographical research]. *Vestnik Baltiiskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Seriya: estestvennye i meditsinskie nauki* [Bulletin of the Baltic Federal University named after I. Kant. Series: Natural and Medical Sciences], 2022, no. 2, pp. 5–29.
8. Os'minin A.T. Nauchnye podkhody k raschetu granits poligonov upravleniya perevozochnym protsessom i realizatsii poligonnykh tekhnologii [Scientific approaches to the calculation of the boundaries of polygons for the management of the transportation process and the implementation of landfill technologies]. *Byulleten' Ob'edinyonnogo uchenogo soveta OAO «RZHD»* [Bulletin of the Joint Scientific Council of JSC «Russian Railways»], 2017, no. 2, pp. 42–57.
9. Khokhrina O.I. Kuzbass-2035: territoriya kak draiver rosta ekonomiki [Kuzbass-2035: territory as a driver of economic growth]. *Mir ekonomiki i upravleniya* [The world of economics and Management], 2020, vol. 20, no. 4, pp. 61–77.
10. Godovoi otchet otkrytogo akionernogo obshchestva «Rossiiskie zheleznye dorogi» za 2021 god [Annual report of the Open Joint Stock Company «Russian Railways» for 2021]. Moscow: RZHD Publ., 2022. 143 p.
11. Zapadnosibirskaya zheleznaya doroga (Elektronnyi resurs) [West Siberian Railway (Electronic resource)]. Available at: <https://zszd.rzd.ru/ru/2770> (Accessed November 5, 2022).
12. Prikaz direktsii tyagi OAO «RZHD» ot 10.10.2018 no TST-224 «Ob ustanovlenii norm mass i dlin passazhirskikh i gruzovykh poezdov na uchastkakh, obsluzhivaemykh Zapadnosibirskoi direktsiei tyagi» [Order of the Traction Directorate of JSC

«Russian Railways» dated October 10, 2018 No. TST-224 «About establishment of norms of masses and lengths of passenger and freight trains on the sections serviced by the West Siberian Traction Directorate»].

13. Rasporyazhenie OAO «RZHD» ot 01.09.2016 no. 1799r «Ob utverzhdenii Instruktsii po organizatsii obrashcheniya gruzovykh poezdov povyshennoi massy i dliny na zheleznodorozhnykh putyakh obshchego pol'zovaniya OAO «RZHD» [Order of JSC «Russian Railways» dated September 1, 2016 No. 1799r «On approval of the Instructions on the organization of the circulation of freight trains of increased mass and length on public Railway lines of JSC «Russian Railways»].

14. Prikaz nachal'nika Zapadnosibirskoi zheleznoi dorogi – filiala OAO «RZHD» ot 04.07.2017 no. Z-Sib-230 «Ob utverzhdenii Instruktsii po organizatsii obrashcheniya gruzovykh poezdov povyshennoi massy i dliny na infrastrukture Zapadnosibirskoi zheleznoi dorogi» [Order of the Head of the West Siberian Railway – branch of JSC «Russian Railways» dated July 4, 2017 No. Z-Sib-230 «About the approval of the Instruction on the organization of the circulation of freight trains of increased weight and length on the infrastructure of the West Siberian Railway»].

15. Rezhimnye karty vozheniya gruzovykh poezdov elektrovozami ekspluatatsionnogo lokomotivnogo depo Karasuk. Zapadnosibirskaya direktsiya tyagi [Mode maps of driving freight trains by electric locomotives of the Karasuk operational locomotive depot. West Siberian Traction Directorate]. Novosibirsk: DT ZS Publ., 2008. 216 p.

16. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 01.01.2002 no. 1 (red. ot 27.12.2019) «O Klassifikatsii osnovnykh sredstv, vkluchayemykh v amortizatsionnye gruppy» [Decree of the Government of the Russian Federation No. 1 of January 1, 2002 (ed. of December 27, 2019) « On the Classification of fixed assets included in Depreciation groups»].

17. Kabantsev A.A. Nekotorye izmeneniya v konstruksii elektrovozov 2ES5K «ERMAK» [Some changes in the design of electric locomotives 2ES5K «ERMAK»]. *Lokomotiv* [Locomotive], 2017, no. 1 (721), pp. 30–31.

18. Elektrovozy 2ES5K, 3ES5K: ustraneniye neispravnostey v elektricheskikh tseyakh [Electric locomotives 2ES5K, 3ES5K: troubleshooting in electrical circuits]. *Lokomotiv* [Locomotive], 2011, no. 5 (653), pp. 16–18.

19. Baranov V.A., Vikulov I.P., Kiselev A.A. Otsenka tyagovykh vozmozhnostey elektrovozov serii VL80v/i 2ES5K, sleduyushchikh s poezdami ustanovlennykh vesovykh norm na uchastke Perguba – Novyi Poselok bez podtaktivaniya i kratnoi tyagi [Evaluation of the traction capabilities of electric locomotives of the VL80v/and 2ES5K series, following with trains of established weight standards on the Perguba – New Settlement section without pushing and multiple traction]. *VI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Lokomotivy. Elektricheskii transport. XXI vek»* [Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference «Locomotives. Electric transport. XXI century»]. Saint Petersburg, 2018, vol. 1, pp. 113–120.

20. Denisenko K.P., Soltus K.P., Usvitskii S.A. Busternaya sektsiya elektrovoza peremennogo toka 2ES5K [Booster section of the 2ES5K AC electric locomotive]. *Vestnik Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo i proektno-konstruktorskogo instituta elektrovozostroyeniya* [Bulletin of the All-Russian Research and Design Institute of Electric Locomotive Engineering], 2006, no. 3, pp. 78–83.

21. Nikonov V.V., Yurenko I.K., Kalyuzhnyi A.A. Analiz rezul'tatov ekspluatatsii gruzovykh elektrovozov «Ermak» i puti povysheniya ih ekspluatatsionnykh pokazatelei [Analysis of the results of operation of cargo electric locomotives «Ermak» and ways to improve their performance]. *Vestnik Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo i proektno-konstruktorskogo instituta elektrovozostroyeniya* [Bulletin of the All-Russian Research and Design Institute of Electric Locomotive Engineering], 2009, no. 1, pp. 177–187.

22. Kinzhigaziev V.V. Samyi moshchnyy v mire elektrovoz 4ES5K [The world's most powerful electric locomotive 4ES5K]. *Zhurnal dlya partnerov Transmashkholding* [Magazine for Transmashholding partners], 2014, no. 4 (12), pp. 11–15.

23. Rasporyazhenie OAO «RZHD» ot 11.08.2016 no. 1651r «O normakh mezhremontnykh probegov zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava, ekspluatiruemogo na infrastrukture OAO «RZHD» [Order of JSC «Russian Railways» dated August 11, 2016 No. 1651r «On the norms of inter-repair runs of railway rolling stock operated on the infrastructure of JSC «Russian Railways»].

24. Rasporyazhenie OAO «RZHD» ot 12.05.2016. no. 867r «Pravila tyagovykh raschetov dlya poezdnoi raboty» [Order of JSC «Russian Railways» dated May 12, 2016 No. 867r «Rules of traction calculations for train work»].

25. Aizinbud. S.Ya., Kel'peris P.I. Ekspluatatsiya lokomotivov [Operation of locomotives]. Moscow: Transport Publ., 1980. 262 p.

Информация об авторах

Доманов Кирилл Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры подвижного состава электрических железных дорог, Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, e-mail: dki35@ya.ru.

Давыдов Вадим Артёмович, кафедра подвижного состава электрических железных дорог, Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, e-mail: davydov99@icloud.com.

Information about the authors

Kirill I. Domanov, Ph.D in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Rolling Stock of Electric Railways, Omsk State Transport University, Omsk; e-mail: dki35@ya.ru.

Vadim A. Davydov, Department of Rolling Stock of Electric Railways, Omsk State Transport University, Omsk; e-mail: davydov99@icloud.com.