

**К.И. Доманов, С.Г. Истомин, М.Н. Глушков**

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

## **ОБНОВЛЕНИЕ КОРПОРАТИВНОГО ПАРКА ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА СРЕДНЕСИБИРСКОГО ХОДА**

**Аннотация.** Железнодорожный транспорт играет ключевую роль в грузоперевозках в России. В современных условиях важно обеспечить адаптацию и эффективность перевозочного процесса, учитывая воздействие внешних факторов и международных транспортных коридоров, которые проходят через Россию. В этой статье рассмотрены параметры и профили участков железной дороги Среднесибирского полигона Западно-Сибирской железной дороги. В данной работе обосновывается необходимость обновления корпоративного парка электровозов на исследуемых участках. Проведен сравнительный анализ технических характеристик и межремонтных периодов магистральных грузовых электровозов серии 2ЭС5К и двухсекционных электровозов ВЛ80С. Представлены выводы о дальнейших перспективах внедрения потенциального использования в эксплуатации электровозов серии 2ЭС5К на участках Западно-Сибирской железной дороги электрифицированных на переменном токе.

**Ключевые слова:** электрическая тяга поезда, Среднесибирский ход, железнодорожный транспорт, обновление тягового подвижного состава, 2ЭС5К, ВЛ80С, потребный парк локомотивов, ограничивающий уклон.

**K.I. Domanov, S.G. Istomin, M.N. Glushkov**

*Omsk State Transport University, Omsk, the Russian Federation*

## **UPDATE OF THE CORPORATE FLEET OF AC ELECTRIC LOCATORS OF THE CENTRAL SIBERIAN TRAIN**

**Abstract.** Rail transport plays a key role in cargo transportation in Russia. In modern conditions, it is important to ensure adaptation and efficiency of the transportation process, taking into account the impact of external factors and international transport corridors that pass-through Russia. In this article we will consider the parameters and profiles of sections of the railway in the Central Siberian direction of the West Siberian Railway. This work substantiates the need to update the corporate fleet of electric locomotives in the study areas. A comparative analysis of the technical characteristics and overhaul periods of mainline freight electric locomotives of the 2ES5K series and two-section electric locomotives VL80S was carried out. Conclusions are drawn about further prospects for the potential use of electric locomotives of the 2ES5K series in operation on sections of the West Siberian Railway electrified on alternating current.

**Keywords:** electric train traction, Central Siberian railway, railway transport, renewal of rolling stock, 2ES5K, VL80S, required fleet of locomotives, limiting slope.

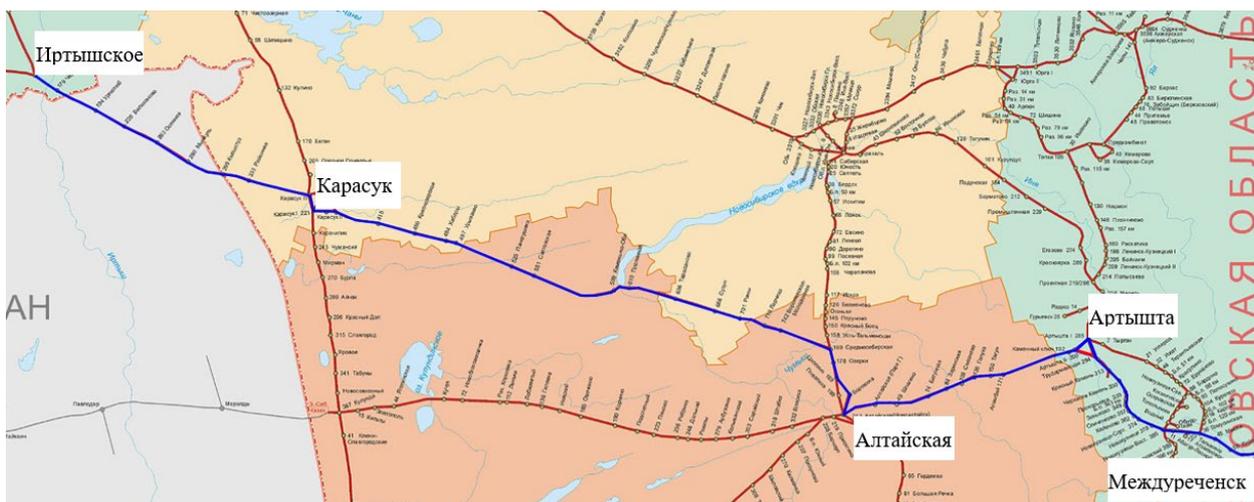
### **Введение**

Переориентация грузовых потоков в современных условиях ставит перед железнодорожным комплексом новые задачи, связанные с обеспечением тяговыми ресурсами для выполнения заявленного объема перевозок [1 – 3]. Важной особенностью изменения условий организации перевозочного процесса и направлений грузопотоков стало формирование крупных пунктов выгрузки экспортных грузов в местах расположения морских портов на Северо-Западе и Юге Европейской части страны и на Дальнем Востоке [4 – 7]. Наблюдается высокая концентрация погрузки экспортных грузов на железнодорожных путях. В результате образовались направления большой протяженности, проходящие по нескольким железнодорожным магистралям.

Железные дороги России включают в себя группу из восьми участков с интенсивными грузовыми потоками, которые входят 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.

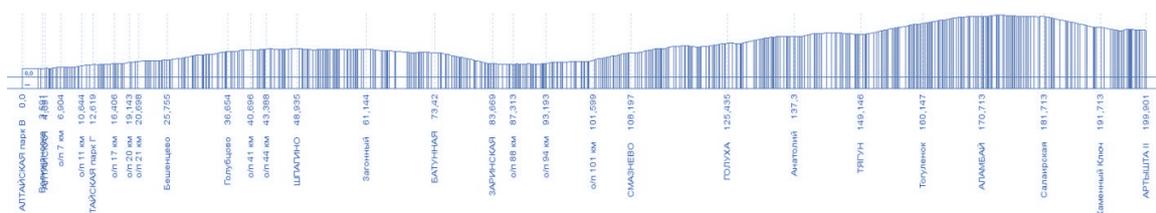
Изучая транспортные маршруты и грузы, перемещаемые по ним, можно заключить, что Кузбасский регион, в котором находится ведущий угледобывающий центр России, имеет стратегическое значение [9]. Железнодорожные пути, входящие в состав этих маршрутов и исходящие из Кузбасса, простираются через Урало-Сибирский и Восточный регионы железнодорожного транспорта. Особенно значительная протяженность проходит по Западно-Сибирской железной дороге, по которой осуществляется основной объем перевозок зерна и его производных, нефти и нефтепродуктов, железной и марганцевой руды, строительных материалов, кокса, черных металлов и каменного угля. Большая часть этих грузов перевозится по железнодорожным путям Среднесибирской магистрали (рис. 1). Она связывает Кузбасс, Алтайский край, Новосибирскую и Омскую области [10].



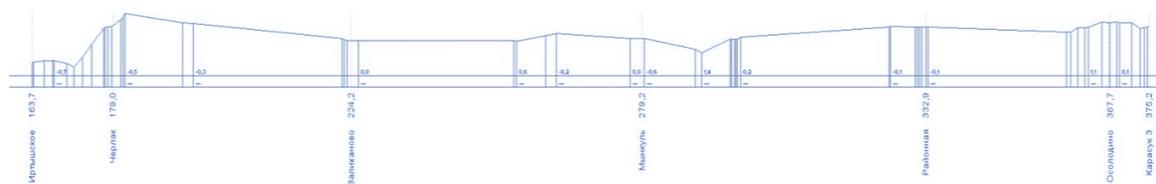
**Рис. 1.** Маршрут Среднесибирского хода  
**Fig. 1.** Route of the Mid-Siberian course

Основным товаром, который перевозится по Среднесибирскому ходу, является каменный уголь [11]. Прежде чем поезд попадает на «главный ход» (Транссибирская магистраль), состав проходит через полигон Междуреченск – Входная. На этом полигоне участки Междуреченск – Артышта 2 (длиной 159 км) и Иртышское – Входная (длиной 164 км) электрифицированы на постоянном токе напряжением 3 000 В. На данном участке железной дороги эксплуатируются электровозы серий ЭС10, ЭС6, ВЛ10 и ВЛ11. Участок Артышта 2 – Алтайская – Карасук – Иртышское (длиной 872 км) электрифицирован на однофазном переменном токе напряжением 25 000 В с частотой 50 Гц. На этом участке эксплуатируются электровозы серий ВЛ80С и ВЛ80Т [12]. На полигоне Алтайская – Карасук – Иртышское формируются, согласно [12 – 14], отправляются и принимаются поезда весом 14 200 тонн.

Рассматриваемые железнодорожные участки имеют значительную важность и находятся в гористых районах. Они классифицируются как участки I и II типов. На рис. 2 и 3 показаны участки Среднесибирского хода, на которых присутствуют ограничивающие уклоны и равнинный профиль пути [15]. Профиль пути на рассматриваемом участке соответствует II типу профиля.



**Рис. 2.** Профиль пути участка Алтайская – Артышта 2 Западно-Сибирской железной дороги  
**Fig. 2.** Track profile of the Altayskaya – Artsyshta 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

### Эксплуатируемый парк

На участках Артышта 2 – Иртышское Среднесибирского хода Западно-Сибирской железной дороги используются электровозы серии ВЛ80С, выпущенные в период с 1980 по 1990 годы. Средний возраст эксплуатируемых электровозов этой серии составляет 37 лет. Согласно [16], предельный срок эксплуатации электровозов ВЛ80С составляет 30 лет. Таким образом, большая часть локомотивного парка Среднесибирского хода в ближайшее время будет списана. В настоящее время в парке Карасук находится в эксплуатации 197 локомотивов серии ВЛ80С.

Основными причинами обновления парка электровозов на рассматриваемом полигоне являются:

- необходимость замены локомотивов, достигших предельного срока эксплуатации;
- непригодность электровозов серии ВЛ80С для перевозки грузов на некоторых участках без использования подталкивающих локомотивов;
- повышение средней технической и участковой скорости без уменьшения веса перевозимых грузов.
- улучшение экономической эффективности и сокращения затрат на обслуживание, мы планируем уменьшить количество требуемых электровозов и заменить их новой серией, которая будет иметь более низкую стоимость жизненного цикла.

Для замены электровозов, которые достигли конца своего срока службы, и для повышения эффективности перевозки грузов, необходимо приобрести современные магистральные грузовые электровозы. Это позволит снизить время оборота локомотивов без уменьшения весовых норм поездов.

Перспективным решением для повышения экономической эффективности и снижения затрат на обслуживание является замена старых электровозов на новую серию. Так электровоз пятого поколения, известный как 2ЭС5К «Ермак», может быть перспективным вариантом для выполнения требуемого объема перевозочной работы на рассматриваемом участке. Разработанный на Новочеркасском электровозостроительном заводе, этот электровоз был специально создан для замены старых моделей электровозов серий ВЛ80в/и, ВЛ60в/и. Он обладает более высокими тяговыми характеристиками по сравнению с ВЛ80С. Электровоз «Ермак» оснащен современными системами безопасности движения, такими как КЛУБ-У, САУТ-ЦМ/485 и ТСКБМ. Также в нем установлена микропроцессорная система управления с расширенной диагностикой оборудования МСУД-015. На рис. 4 представлен грузовой электровоз 2ЭС5К.

На станциях Артышта 2 и Заринская, при движении поездов массой свыше 4 100 тонн, требуется использовать подталкивающие локомотивы. Присоединение подталкивающего локомотива к составу требует остановки поезда, что отрицательно сказывается на эксплуатации

онных характеристиках подвижного состава: линейном пробеге локомотива, коэффициенте его участковой скорости, суточном пробеге и расчетной скорости движения локомотива с поездом. Технические характеристики электровоза серии 2ЭС5К позволяют исключить необходимость использования подталкивающих локомотивов на тяговых участках.



**Рис. 4.** Магистральный грузовой электровоз 2ЭС5К «Ермак»  
**Fig. 4.** Mainline freight electric locomotive 2ES5K «Ermak»

В таблице 1 представлены основные технические характеристики электровозов ВЛ80С, 2ЭС5К.

**Таблица 1 – Основные технические характеристики электровозов ВЛ80С, 2ЭС5К**  
**Table 1 – Main technical characteristics of electric locomotives VL80S, 2ES5K**

Наименование параметра Parameter name	Значения параметров Parameter values	
	ВЛ80С VL80S	2ЭС5К 2ES5K
Осевая формула Axial formula	2(2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub> )	2(2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub> )
Масса, т Weight, t	192	192
Нагрузка на ось, т Axle load, t	24	24
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
Мощность часового режима, кВт Hourly power, kW	6 520	6 560
Мощность длительного режима, кВт Continuous mode power, kW	6 160	6 120
Сила тяги часового режима, кН Traction force of hourly mode, kN	451	464
Сила тяги длительного режима, кН Long-term traction force, kN	409	423
Скорость часового режима, км/ч Hourly speed, km/h	51,6	49,9
Скорость длительного режима, км/ч Continuous mode speed, km/h	53,6	51
Скорость максимальная, км/ч Maximum speed, km/h	110	110

Коэффициент полезного действия, % Efficiency, %	84	86
--	----	----

Завод-изготовитель разработал электровоз 2ЭС5К с увеличенными интервалами между техническим обслуживанием и ремонтом по сравнению с ВЛ80С. Это позволит снизить нагрузку на локомотивные депо, обслуживающие парк локомотивов Среднесибирского хода Западно-Сибирской железной дороги. В таблице 2 приведены нормы технического обслуживания и ремонта для этих электровозов. (ТО – техническое обслуживание; ТР – текущий ремонт; СР – средний ремонт; КР – капитальный ремонт).

**Таблица 2 – Периодичность проведения технического обслуживания и ремонта электровозов серии ВЛ80С, 2ЭС5К**

**Table 2 – Frequency of maintenance and repair of electric locomotives of the VL80S, 2ES5K series**

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 VL80S	72		20	200	600	1 200	2 400
2ЭС5К 2ES5K	Моторно-осевой подшипник скольжения, ч Motor-axial plain bearing, h	Моторно- осевой под- шипник каче- ния, ч Motor- axial friction bearing, h	50	250	500	1 000	3 000
	72	240					

### Заключение

В данный момент ОАО «РЖД» активно работает над модернизацией своего парка локомотивов. В основном, замена касается тех локомотивов, которые эксплуатируются на участках Восточного полигона. Компания стремится обновить свой парк локомотивов с целью повышения эффективности и обеспечения надежной работы. Это важный шаг для обеспечения безопасности, а также для повышения производительности и эффективности грузоперевозок. Устаевающие 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 2ЭС5К. Он зарекомендовал себя как надежный локомотив во время эксплуатации на Восточном полигоне.

Электровоз 2ЭС5К является прогрессивным решением, предлагающим ряд преимуществ по сравнению с локомотивами ВЛ80С:

1. Тяговые характеристики: 2ЭС5К обладает более высокими тяговыми характеристиками по сравнению с ВЛ80С. Это позволяет эффективно перевозить грузы на рассматриваемом участке без необходимости использования подталкивающих локомотивов на тяговых участках.

2. Увеличенные интервалы обслуживания: Завод-изготовитель разработал 2ЭС5К с увеличенными интервалами между техническим обслуживанием и ремонтом по сравнению с ВЛ80С. Это позволяет снизить нагрузку на локомотивные депо и повысить эффективность использования локомотивов.

3. Экономическая эффективность: Замена устаревших ВЛ80С на новые электровозы серии 2ЭС5К позволяет повысить экономическую эффективность и снизить затраты на обслуживание.

Таким образом, электровоз 2ЭС5К представляет собой перспективное решение для выполнения требуемого объема перевозочной работы, обладая преимуществами в тяговых характеристиках, безопасности, интервалах обслуживания и экономической эффективности.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дяо Сюхуа. 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 23.09.2023).
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. Осьминин 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. Западно-сибирская железная дорога // rzd.ru: сайт. URL: <https://zszd.rzd.ru/ru/2770> (Дата обращения: 23.09.2023).
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.

## REFERENCES

1. Dyao 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 (Accessed September 23, 2023).
7. Katrovskii A.P. Evolyutsiya transportnoi seti Rossiisko-Belorusskogo 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 September 23, 2023).
12. Prikaz direksii tyagi OAO «RZHD» ot 10.10.2018 no TST-224 «Ob ustanovlenii norm mass i dlin passazhirsikh i gruzovykh poezdov na uchastkakh, obsluzhivaemykh Zapadnosibirskoi direksiei tyagi» [Order of the Traction Directorate of JSC «Russian Railways» dated Octo-

ber 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 gru- zovykh 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 vozhdeniya 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, vkluychaemykh 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»].

#### **Информация об авторах**

*Доманов Кирилл Иванович* – канд. техн. наук, доцент кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог», Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, e-mail: dki35@ya.ru

*Истомин Станислав Геннадьевич* – канд. техн. наук, доцент кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог», Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, e-mail: istomin\_sg@mail.ru

*Глушков Михаил Николаевич* – кафедра подвижного состава электрических железных дорог, Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, e-mail: [glushkov.2001@inbox.ru](mailto:glushkov.2001@inbox.ru)

#### **Information about the authors**

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

*Istomin Stanislav Gennadievich* – Ph.D. in Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Rolling Stock of Electric Railways, Omsk State Transport University, Omsk, e-mail: [istomin\\_sg@mail.ru](mailto:istomin_sg@mail.ru)

*Glushkov Mikhail Nikolaevich* – Department of Rolling Stock of Electric Railways, Omsk State Transport University, Omsk; e-mail: [glushkov.2001@inbox.ru](mailto:glushkov.2001@inbox.ru)