

УДК 629.4.022

Оценка возможности модернизации пассажирских вагонов для грузовых перевозок на высокоскоростных магистралях

Д. П. Кононов, А. М. Будюкин, В. Г. Кондратенко

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Кононов Д. П., Будюкин А. М., Кондратенко В. Г. Оценка возможности модернизации пассажирских вагонов для грузовых перевозок на высокоскоростных магистралях // Бюллетень результатов научных исследований. 2024. Вып. 4. С. 78–86. DOI: 10.20295/2223-9987-2024-04-78-86

Аннотация

Цель: установить возможность применения на ВСМ грузовых вагонов, оборудованных колесными парами с изменяемой шириной колеи. **Методы:** проведен анализ современных конструкций грузовых вагонов, созданных на базе пассажирских вагонов, проведен анализ конструкций колесных пар с изменяемой шириной колеи. **Результаты:** анализ выполненных исследований показал, ввиду практического отсутствия мировых аналогов подвижной состав предполагается создавать на базе существующих пассажирских электропоездов. Для грузовых высокоскоростных железных дорог целесообразно использовать тележки Якобса и иметь одинаковое расстояние между путями на всем протяжении проекта, но если страны-участницы не смогут достичь общего соглашения, то для подвижного состава потребуются специальные тележки с колесными парами, которые могут изменять расстояние, подстраиваясь под путь. Проектирование грузового подвижного состава на основе существующих моделей электропоездов позволит сократить издержки при проектировании и производстве ввиду унификации ряда элементов подвижного состава. **Практическая значимость:** применение на ВСМ «Евразия» современных грузовых вагонов, созданных на базе пассажирских с применением колесных пар с изменяемой шириной колеи, позволит существенно повысить скорость перевозки грузов, увеличит доход от эксплуатации магистрали и создаст новую отрасль железнодорожного транспорта — высокоскоростные грузовые поезда.

Ключевые слова: грузопассажирская ВСМ, грузовой подвижной состав для ВСМ, переоборудование пассажирских вагонов в грузовые, применение тележки Якобса, тележки с изменяемой шириной колеи, раздвижные колесные пары, высокоскоростные грузовые поезда.

В транспортных стратегиях ряда стран высокоскоростной железнодорожный транспорт является одной из опорных точек их предполагаемого будущего. Для безотказной работы высокоскоростного транспорта требуется специальная инфраструктура, в первую очередь необходимы высокоскоростные железнодорожные магистрали и специальный подвижной состав — высокоскоростной наземный транспорт.

Высокоскоростные железнодорожные магистрали (ВСМ) — это новые высокоскоростные железнодорожные линии, выделенные по всей длине или на отдельных участках, по которым пассажирские поезда движутся со скоростью 250 км/ч и более. Высокоскоростной наземный транспорт (ВСНТ) — это система наземного железнодорожного транспорта с использованием специальных путей

(высокоскоростной рельсовый транспорт) или поездов на магнитной левитации, движущихся со скоростью 250 км/ч и более [1].

В России данный вид транспорта только начинает зарождаться — два проекта переходят в стадию строительства. Наиболее важным проектом строительства для Евразийского континента является грузопассажирская ВСМ «Евразия», которая соединит системы ВСМ Европы и Азии через Россию, Белоруссию и Казахстан [2].

Согласно техническому заданию на проектирование будущей ВСМ «Евразия», планируется не только ведение пассажирских перевозок на скоростях около 400 км/ч, но и обеспечение грузовых перевозок на скоростях более 250–300 км/ч. Отсутствует подвижной состав, который удовлетворяет поставленным скоростям движения.

Так как в рамках данной статьи говорится только о высокоскоростном грузовом составе, то рассмотрим именно его, кратко раскрыв тему пассажирской составляющей.

На 2023 год Российская Федерация не обладает технологиями производства высокоскоростного наземного транспорта, который предназначен для пассажирских перевозок, однако имеет 20 электропоездов ЭВС1/ЭВС2 «Сапсан», изготовленных под руководством компании «*Siemens*», причем электропоезда ЭВС1 — предназначены для постоянного тока (16 поездов), а ЭВС2 — двухсистемного питания (4 поезда). Согласно информации, представленной компанией «*Siemens*», электропоезда «*Velaro Rus*» способны развивать скорость до 350 км/ч. Также работы по проектированию такого вида подвижного состава велись с мировыми лидерами в сфере машиностроения, такими как *Bombardier Transportation*, *Alstom*, *Siemens AG* и *Kawasaki HI*.

Теперь рассмотрим компонент грузовых перевозок более подробно. В настоящее время в мире не существует высокоскоростных наземных транспортных систем, предназначенных для грузовых перевозок. Поскольку глобального аналога нет (нигде еще не проектировались высокоскоростные грузовые вагоны), вагоны будут разрабатываться на базе существующих пассажирских электропоездов.

Предполагается, что базовый вариант поезда будет состоять из 12 вагонов для максимальной скорости движения 350 км/ч. При этом вносятся коррективы в конструкцию и ряд элементов электропоезда. Элементы интерьера, такие как сиденья, багажные полки и ряд электрооборудования, предназначенные для пользования пассажирами, будут демонтированы, что позволит снизить массу состава и перевозить большие грузы. Изменения коснутся и экстерьера электропоезда. Будет изменено расположение иллюминаторов, чтобы свести их количество к минимуму. Данные изменения позволят оптимизировать производство такого подвижного состава, что улучшит характеристики самого транспорта.

Использование легких авиационных контейнеров с жестким растягивающимся корпусом — интересная инженерная идея. Там, где необходимо координировать

грузовые поезда и воздушный транспорт, например, в места, удаленные от железных дорог (регионы Крайнего Севера и Дальнего Востока), можно ожидать, что использование авиационных контейнеров и поддонов позволит снизить стоимость строительства, уменьшить вес кузова и сократить время транспортировки. На высокоскоростном грузовом составе недопустима перевозка грузов открытым способом, так как это создает дополнительные сопротивления движению поезда, что несет за собой потери. Для улучшения эксплуатационных характеристик поезд имеет обтекаемую форму с минимальными выступами в передней части, а токоприемники оснащены специальными аэродинамическими щитами. Кроме того, ходовое оборудование закрыто специальным щитом. Использование таких конструктивных решений снижает аэродинамический шум.

Консолидация, когда грузы от разных перевозчиков объединяются на складах и отправляются, когда набирается оптимальное количество, является типичным видом перевозок отдельных грузов в проекте Евразийской высокоскоростной магистрали. В целом эти виды транспорта характеризуются низкими транспортными расходами. Одним из основных пользователей данного способа доставки следует рассматривать такие крупные торговые платформы, как *Alibaba Group*, *Joom*, *Aliexpress* и др., где растет спрос на товары с добавочной стоимостью и чувствительностью к сроку доставки.

Предполагается, что на транспортировку будут приниматься народно-хозяйственные грузы, техника, личное имущество граждан, упаковки и свойства которых позволяют безопасно их перевозить. Также одним из основных пользователей доставки ВСМ стоит рассматривать компании, производящие грузы, требующие температурного режима и прочих специальных условий (продукты питания, растения, скот) [3]. Кроме того, ставится под вопрос возможность транспортировки наливных грузов (жидкое топливо, концентрированные кислоты и др.), насыпных грузов (различные удобрения, обогащенные руды и др.) и опасных видов грузов, которые могут привести к техногенным катастрофам. Невыгодность подобной категории товаров для высокоскоростной доставки объясняется их невысокой привязкой ко времени транспортировки в отличие от грузов, требующих специальных условий.

Необходимо предусмотреть специальный отсек в кузове вагона, так называемый *Cargo door*, для погрузки пакетов и контейнеров. Для перемещения грузов должны быть предусмотрены специальные транспортеры, которые позволят занимать пространство вагона, предназначенное для груза. В свою очередь, для успешной доставки до пункта назначения, чтобы не допустить повреждения предполагаемого груза, будут сделаны средства закрепления. Изменения коснутся и ходовой части высокоскоростного электропоезда. Для грузового высокоскоростного состава рационально использовать тележку Якобса — тележка расположена между двумя вагонами. Вес каждого вагона распространяется на одну половину тележки.

Такая конструкция необходима для того, чтобы поезд не опрокинулся в случае схода с рельсов и для предотвращения телескопического эффекта (когда поезд наезжает лоб в лоб на препятствие, нанося серьезный ущерб грузу). Однако тележка есть только у головного вагона.

Сложность и географическое положение проекта требуют единой колеи на всем его протяжении, но если страны-участницы не смогут прийти к общему соглашению, то для подвижного состава потребуются специальные тележки, ширина которых может меняться в зависимости от желаемого пути [4]. Наиболее подходящей для условий, предусмотренных Евразийской высокоскоростной магистралью, является телескопическая тележка *Talgo*. В 1964 году испанская компания *Talgo* разработала технологию автоматической смены колеи. Эта технология была впервые применена в 1969 году и стала решением, предложенным *RENFE*, чтобы избежать ненужных пассажирских пересадок на испано-французской границе. Поезда между Барселоной и Женевой проходили через специальное устройство, которое позволяло колесам поезда переходить с иберийской колеи на европейскую на малых скоростях (15–20 км/ч) без вмешательства персонала. Эта же компания разработала пассажирские экспресс-поезда с телескопическими колесами. Поезда *TALGO*, которые уже несколько десятилетий курсируют между Испанией (колея 1676 мм) и Европой (колея 1435 мм), оснащены одноосными тележками (т. е. такое оборудование, как рессорная подвеска и тормоза, установлено на одной паре телескопических колес) [5].

В Китае (2020 г.) построили новый высокоскоростной поезд семейства *Fuxing*, который способен развивать скорость до 450 км/ч и который может эксплуатироваться при температурах от –50 до + 50 °С.

Главная особенность этого поезда — это способность изменять ширину колеи колесной пары с 1435 мм на 1520 мм, причем это происходит прямо на ходу и занимает не более 50 секунд. Преобразование колесных блоков для работы на железных дорогах разной ширины происходит при прохождении их через стационарные передаточные устройства, расположенные на стыках железных дорог разной ширины.

Предполагается, что эти составы будут использоваться для международных перевозок между Китаем и Россией, Казахстаном и Монголией, в частности между Пекином и Москвой. Стоит отметить, что в проектной работе «Евразия», которая будет представлена в будущем, речь пойдет о грузовых транспортных средствах, разработанных на базе пассажирских высокоскоростных электропоездов.

Проектирование подвижного состава на основе существующих моделей электропоездов позволит сократить издержки при производстве ввиду унификации ряда элементов подвижного состава. К таким элементам могут относиться элементы ходовой части, элементы управления электропоезда, элементы корпуса и обшивки и др. [6–15].

По такому же пути идет и авиационный транспорт. Так, на основе воздушных судов, которые предназначаются для пассажирских перевозок, возможна их конвертация для грузовых перевозок. Возможной платформой для проектирования грузового подвижного состава, рассчитанного на скорости более 350 км/ч, может стать электропоезд серии CR400.

В таблице показаны основные характеристики высокоскоростного электропоезда. Так, по заявлению старшего научного сотрудника Китайской академии железнодорожных наук (CARS) Чжан Бо, проект разработки под названием CR300 с конструкционной скоростью 430 км/ч нацелен на удовлетворение различных потребностей пассажиров и создание международного бренда китайских скоростных поездов.

ТАБЛИЦА. Технические характеристики электропоездов, построенных в КНР

Модификация электропоезда	Габариты вагона электропоезда, мм	Общая длина электропоезда, м	Конструкционная скорость, км/ч	Вместимость, мест	Составность	Мощность (перемен. ток напр. 25 кВ), МВт	Ввод в эксплуатацию
	Длина вагона (с учетом автосцепок): 27910 Между торцевыми стенками вагона — 25650 Ширина: 3360 Высота: 4050		Достигнутая на испытаниях: 420 Проектная макс.: 430 Эксплуатационная проектная: 400 Эксплуатационная согласно ПТЭ Китайских ж. д.: 350			10,4	
CR400AF		209		392–556	4М-4Пр		15.08.2016
CR400AF-A		414		1193	8М-8Пр		16.06.2018
CR400AF-B		439,8		1283	8М-9Пр	19,2	05.01.2019

В целом ВСМ «Евразия» — это сложный трансконтинентальный проект. Его реализация потребует полного переосмысления работы железнодорожного транспорта и подхода к транспорту в целом. Он «революционизирует» грузовые железнодорожные перевозки и создаст новое направление в железнодорожном транспорте — высокоскоростные грузовые поезда, и работа над проектом ВСМ и будущими грузовыми электропоездами имеет огромное значение для России, социально-экономического положения страны и конкурентоспособности российской сети железнодорожного транспорта. Магистраль поднимет уровень дальности и скорости перевозок на десятилетия вперед. Необходимо создать новый тип транспортного средства и новую нормативную базу, которая обеспечит его разумную эксплуатацию на территории всех стран-участниц. Проект реализуется постепенно, но отсутствие опыта в создании такого крупного проекта сделало решение описанных проблем сложным и длительным.

Библиографический список

1. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс: в 2 т.: учеб. пособие / Л. С. Блажко [и др.]; под ред. И. П. Киселева. М.: Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. транспорте, 2014. Т. 1.
2. Стал известен маршрут высокоскоростного ЖД коридора «Евразия». URL: <http://www.mid.gov.kz/ru/news/stal-izvesten-marshrut-vysokoskorostnogo-zhd-koridora-evraziya> (дата обращения: 14.12.2020).
3. Давлетшин Т.Г. ВСМ-2 Москва — Казань — Екатеринбург: от Чебоксар до Казани // Вестник экономики, права и социологии. 2018. № 1. Т. 2. С. 81–84.
4. Давлетшин Т.Г. Железнодорожная магистраль «Евразия»: проблемы и перспективы // Проблемы современной экономики. 2019. № 3. С. 81–85.
5. Садчиков П.И., Целищева О.Л. Технология перехода железнодорожного подвижного состава с одной колеи на другую (международный опыт). URL: http://ipem.ru/files/files/tzd_web_versions/tzd_14_web_full.pdf (дата обращения: 14.12.2020).
6. Жуков Е.Р., Будюкин А.М., Кондратенко В.Г. Современные материалы и конструкции, применяемые для отечественных железнодорожных вагонов // Прогрессивные технологии, применяемые при ремонте подвижного состава РЖД: сборник трудов конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. СПб.: ПГУПС, 2017. С. 95–98.
7. Кондратенко В.Г., Будюкин А.М., Жуков Е.Р. Совершенствование технологии сборки кузовов железнодорожных вагонов // Прогрессивные технологии, применяемые при ремонте подвижного состава РЖД: сборник трудов конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. СПб.: ПГУПС, 2017. С. 98–101.
8. Применение современных инновационных материалов в конструкции подвижного состава / А.Н. Стефанишина [и др.] // Прогрессивные технологии, применяемые при ремонте подвижного состава РЖД: сборник трудов конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. СПб.: ПГУПС, 2018. С. 111–117.
9. Огородникова Л.В., Воробьев А.А., Соболев А.А. Эффективность внедрения на подвижном составе деталей, полученных методом порошковой металлургии // Прогрессивные технологии, применяемые при ремонте железнодорожного подвижного состава: сборник трудов национальной научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. СПб.: ПГУПС, 2020. С. 164–169.
10. Примаченко К.О., Воробьев А.А., Соболев А.А. Технология сварки алюминиевого кузова высокоскоростного транспорта // Прогрессивные технологии, применяемые при ремонте железнодорожного подвижного состава: сборник трудов национальной научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. СПб.: ПГУПС, 2020. С. 120–128.
11. Лисовский Г.Н., Воробьев А.А. Оценка эффективности внедрения сварочных технологий с высокой степенью автоматизации, гарантирующие требуемое качество и безопасность железнодорожной техники // Прогрессивные технологии, применяемые при ремонте железнодорожного подвижного состава: сборник трудов национальной научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 174–180.

12. Перспективы снижения веса вагонов за счет применения прогрессивных материалов / А. А. Глебов [и др.] // Прогрессивные технологии, применяемые при ремонте подвижного состава РЖД: сборник трудов конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. СПб.: ПГУПС, 2018. С. 46–50.

13. Здрелюк Д. Ю., Кононов Д. П. Модернизация технологического процесса сварки элементов кузова подвижного состава // Прогрессивные технологии, применяемые при ремонте подвижного состава РЖД: сборник трудов конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. СПб.: ПГУПС, 2018. С. 81–83.

14. Чуфистов Д. Г., Перепеченов А. М. Анализ применения высокопрочных наноструктурированных пружин для подвижного состава // Прогрессивные технологии, применяемые при ремонте подвижного состава РЖД: сборник трудов конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. СПб.: ПГУПС, 2018. С. 117–120.

15. Будюкин А. М., Постников Б. А. Повышение износостойкости колесных пар скоростного подвижного состава // Прогрессивные технологии, применяемые при ремонте подвижного состава РЖД: сборник трудов конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. СПб.: ПГУПС, 2016. С. 22–23.

Дата поступления: 15.09.2024

Решение о публикации: 23.10.2024

Контактная информация:

КОНОНОВ Дмитрий Павлович — докт. техн. наук, доцент; d_kononov@mail.ru

БУДЮКИН Алексей Митрофанович — канд. техн. наук, доцент; remont_ps21@mail.ru

КОНДРАТЕНКО Владимир Григорьевич — канд. техн. наук, доцент; tehmet_pgups@mail.ru

Assessment of the possibility of modernization of passenger cars for freight transportation on high-speed lines

D. P. Kononov, A. M. Budyukin, V. G. Kondratenko

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russia

For citation: *Kononov D. P., Budyukin A. M., Kondratenko V. G. Assessment of the possibility of modernization of passenger cars for freight transportation on high-speed lines // Bulletin of scientific research results. 2024. Iss. 4. P. 78–86. (In Russian) DOI: 10.20295/2223-9987-2024-04-78-86*

Abstract

Purpose: establish the possibility of using freight cars equipped with variable-gauge wheel sets on high-speed railways. **Methods:** an analysis of modern designs of freight cars created on the basis of passenger cars was carried out, and an analysis of designs of wheel pairs with variable track width was carried out. **Results:**

analysis of the conducted research showed that, due to the practical absence of world analogues, the rolling stock is supposed to be created on the basis of existing passenger electric trains. For high-speed freight railways, it is advisable to use Jacobs bogies and have the same distance between the tracks throughout the entire length of the project, but if the participating countries cannot reach a common agreement, then the rolling stock will require special bogies with wheel pairs that can change the distance, adjusting to the track. Designing freight rolling stock based on existing models of electric trains will reduce costs in design and production, due to the unification of a number of elements of the rolling stock. **Practical importance:** the use of modern freight cars on the Eurasia high-speed railway, designed on the basis of passenger cars using variable-gauge wheel sets, will significantly increase the speed of freight transportation, increase revenue from the operation of the line, and create a new branch of rail transport — high-speed freight trains.

Keywords: cargo-passenger high-speed railway, freight rolling stock for high-speed railway, conversion of passenger cars into freight cars, use of Jacobs bogies, bogies with variable gauge, sliding wheel pairs, high-speed freight trains.

References

1. Vysokoskorostnoj zheleznodorozhnyj transport. Obshhij kurs: v 2 t.: ucheb. posobie / L. S. Blazhko [i dr.]; pod red. I. P. Kiseleva. M.: Ucheb.-metod. centr po obrazovaniyu na zh.-d. transporte, 2014. T. 1. (In Russian)
2. Stal izvesten marshrut vysokoskorostnogo ZhD koridora «Evraziya». URL: <http://www.mid.gov.kz/ru/news/stal-izvesten-marshrut-vysokoskorostnogo-zhd-koridora-evraziya> (data obrashcheniya: 14.12.2020). (In Russian)
3. Davletshin T. G. VSM-2 Moskva — Kazan' — Ekaterinburg: ot Cheboksar do Kazani // Vestnik ekonomiki, prava i sociologii. 2018. No. 1. T. 2. S. 81–84.
4. Davletshin T. G. Zheleznodorozhnaya magistral' «Evraziya»: problemy i perspektivy // Problemy sovremennoj ekonomiki. 2019. No. 3. S. 81–85.
5. Sadchikov P. I., Celishcheva O. L. Tekhnologiya perekhoda zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava s odnoj kolei na druguyu (mezhdunarodnyj opyt). URL: http://ipem.ru/files/files/tzd_web_versions/tzd_14_web_full.pdf (data obrashcheniya: 14.12.2020). (In Russian)
6. Zhukov E. R., Budyukin A. M., Kondratenko V. G. Sovremennye materialy i konstrukcii, primenyaemye dlya otechestvennyh zheleznodorozhnyh vagonov // Progressivnye tekhnologii, primenyaemye pri remonte podvizhnogo sostava RZhD: sbornik trudov konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh. SPb.: PGUPS, 2017. S. 95–98. (In Russian)
7. Kondratenko V. G., Budyukin A. M., Zhukov E. R. Sovershenstvovanie tekhnologii sborki kuzovov zheleznodorozhnyh vagonov // Progressivnye tekhnologii, primenyaemye pri remonte podvizhnogo sostava RZhD: sbornik trudov konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh. SPb.: PGUPS, 2017. S. 98–101. (In Russian)
8. Primenenie sovremennyh innovacionnyh materialov v konstrukcii podvizhnogo sostava / A. N. Stefanishina [i dr.] // Progressivnye tekhnologii, primenyaemye pri remonte podvizhnogo sostava RZhD: sbornik trudov konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh. SPb.: PGUPS, 2018. S. 111–117. (In Russian)
9. Ogorodnikova L. V., Vorob'ev A. A., Sobolev A. A. Effektivnost' vnedreniya na podvizhnom sostave detalej, poluchennyh metodom poroshkovej metallurgii // Progressivnye tekhnologii, primenyaemye pri remonte zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava: sbornik trudov nacional'noj

nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov, magistrantov, aspirantov i molodyh uchenyh. SPb.: PGUPS, 2020. S. 164–169. (In Russian)

10. Primachenko K. O., Vorob'ev A. A., Sobolev A. A. Tekhnologiya svarki alyuminievogo kuzova vysokoskorostnogo transporta // *Progressivnye tekhnologii, primenyaemye pri remonte zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava: sbornik trudov nacional'noj nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov, magistrantov, aspirantov i molodyh uchenyh.* SPb.: PGUPS, 2020. S. 120–128. (In Russian)

11. Lisovskij G. N., Vorob'ev A. A. Ocenka effektivnosti vnedreniya svarochnyh tekhnologij s vysokoj stepen'yu avtomatizacii, garantiruyushchie trebuemoe kachestvo i bezopasnost' zheleznodorozhnoj tekhniki // *Progressivnye tekhnologii, primenyaemye pri remonte zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava: sbornik trudov nacional'noj nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov, magistrantov, aspirantov i molodyh uchenyh.* SPb.: PGUPS, 2020. S. 174–180. (In Russian)

12. Perspektivy snizheniya vesa vagonov za schet primeneniya progressivnyh materialov / A. A. Glebov [i dr.] // *Progressivnye tekhnologii, primenyaemye pri remonte podvizhnogo sostava RZhD: sbornik trudov konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh.* SPb.: PGUPS, 2018. S. 46–50. (In Russian)

13. Zdelyuk D. Yu., Kononov D. P. Modernizaciya tekhnologicheskogo processa svarki elementov kuzova podvizhnogo sostava // *Progressivnye tekhnologii, primenyaemye pri remonte podvizhnogo sostava RZhD: sbornik trudov konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh.* SPb.: PGUPS, 2018. S. 81–83. (In Russian)

14. Chufistov D. G., Perepechenov A. M. Analiz primeneniya vysokoprochnyh nanostrukturirovannyh pruzhin dlya podvizhnogo sostava // *Progressivnye tekhnologii, primenyaemye pri remonte podvizhnogo sostava RZhD: sbornik trudov konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh.* SPb.: PGUPS, 2018. S. 117–120. (In Russian)

15. Budyukin A. M., Postnikov B. A. Povyshenie iznosostojkosti kolesnyh par skorostnogo podvizhnogo sostava // *Progressivnye tekhnologii, primenyaemye pri remonte podvizhnogo sostava RZhD: sbornik trudov konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh.* SPb.: PGUPS, 2016. S. 22–23. (In Russian)

Received: 15.09.2024

Accepted: 23.10.2024

Author's information:

Dmitriy P. KONONOV — Dr. Sci. in Engineering, Associate Professor; d_kononov@mail.ru

Aleksey M. BUDYUKIN — PhD in Engineering, Associate Professor; remont_ps21@mail.ru

Vladimir G. KONDRATENKO — PhD in Engineering, Associate Professor; tehmet_pgups@mail.ru