

Транспортные системы Transport systems

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 629.065

doi: 10.30987/2782-5957-2024-8-56-63

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Олег Сергеевич Кузьмин¹, Андрей Николаевич Луценко², Елена Сергеевна Куликова^{3✉}, Владимир Алексеевич Вдовенко⁴

^{1,2} Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС), Хабаровск, Россия

^{3,4} Тихоокеанский государственный университет (ТОГУ), Хабаровск, Россия

¹ readheadunit@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-5301-9231>

² andyhab@mail.ru

³ kulikovaes@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2125-8177>

⁴ 006987@pnu.edu.ru

Аннотация

Представлены результаты сравнительного анализа действующих организационно-технических средств защиты окружающей среды от негативного воздействия транспортировки нефтепродуктов по железной дороге. Рассмотрен каждый из этапов транспортировки и на основе полученных результатов. Сделаны обоснованные выводы о наиболее проблемном этапе с точки зрения эффективности действующих средств защиты окружающей среды. Цель исследования - анализ эффективности существующих организационно-технических средств защиты окружающей среды от загрязняющего воздействия железнодорожного транспорта нефтепродуктов. Актуальность работы обеспечена Указами Президента РФ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» от 07.05.2024 № 309 в части снижения выбросов опасных загрязняющих

веществ и предотвращения загрязнения окружающей среды в городах и населенных пунктах. Научная новизна - впервые освещена проблематика низкой эффективности защиты окружающей среды, обеспечиваемой техническими средствами, действующими в рамках этапа выгрузки нефтеналивных грузов. На основании результатов, полученных в ходе анализа состояния защиты окружающей среды от загрязняющего воздействия этапов транспортировки нефтеналивных грузов, сделан вывод о недостаточном уровне технического оснащения этапа выгрузки нефтепродуктов, выраженном в отсутствии превентивности комплекса безопасности.

Ключевые слова: защита, окружающая среда, экологическая безопасность, нефтепродукты, этап, железнодорожный транспорт, эстакада, контроль, выбросы, атмосфера.

Ссылка для цитирования:

Кузьмин О.С. Сравнительный анализ организационно-технических средств защиты окружающей среды при железнодорожной транспортировке нефтепродуктов / О.С. Кузьмин, А.Н. Луценко, Е.С. Куликова, В.А. Вдовенко // Транспортное машиностроение. – 2024. – № 8. – С. 56-63. doi: 10.30987/2782-5957-2024-8-56-63.

Original article

Open Access Article

COMPARATIVE ANALYSIS OF ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL MEANS OF ENVIRONMENTAL PROTECTION WHEN TRANSPORTING PETROLEUM PRODUCTS BY RAIL

Oleg Sergeevich Kuzmin¹, Andrey Nikolaevich Lutsenko², Elena Sergeevna Kulikova³, Vladimir Alekseevich Vdovenko⁴

^{1,2} Far Eastern State Transport University (FESTU), Khabarovsk, Russia

^{3,4} Pacific National University (PNU), Khabarovsk, Russia

¹ readheadunit@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-5301-9231>

² andyhab@mail.ru

³ kulikovaes@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2125-8177>

⁴ 006987@pnu.edu.ru

Abstract

There are given results of a comparative analysis of existing organizational and technical means to protect the environment from the negative effects of transporting petroleum products by rail. Each of the transportation stages is considered and based on the results obtained reasonable conclusions are drawn about the most problematic stage in terms of the effectiveness of existing environmental protection measures. The study objective is to analyze the effectiveness of existing organizational and technical means to protect the environment from polluting effects of railway transport with petroleum products. The relevance of the work is ensured by Decrees of the President of the Russian Federation "On National Development Goals of the Russian Federation for the Period up to 2030 and for the Future up to 2036" dated 05/07/2024 No. 309 in

terms of reducing emissions of dangerous pollutants and preventing environmental pollution in cities and towns. Scientific novelty is in the fact that for the first time the problem of low efficiency of environmental protection provided by technical means operating at the stage of unloading oil cargoes is highlighted. Based on the results obtained during the analysis of environmental protection from the polluting effects during transportation of oil-bulk cargoes, a conclusion is made about the insufficient level of technical equipment of unloading petroleum products, expressed in the absence of a preventive safety complex.

Keywords: protection, environment, environmental safety, petroleum products, stage, railway transport, overpass, control, emissions, atmosphere.

Reference for citing:

Kuzmin OS, Lutsenko AN, Kulikova ES, Vdovenko VA. Comparative analysis of organizational and technical means of environmental protection when transporting petroleum products by rail. *Transport Engineering*. 2024;8:56-63. doi: 10.30987/2782-5957-2024-8-56-63.

Введение

Защита окружающей среды - приоритетная задача Российской Федерации, решение которой закреплено на разных директивных уровнях, в том числе законодательном. Согласно Конституции РФ, снижение негативного воздействия на окружающую среду, оказываемого в результате хозяйственной и иной деятельности, выступает одним из приоритетных направлений, относящихся к ведению Правительства РФ как высшего исполнительного органа власти, ведущего единую политику в области обеспечения экологической безопасности [1].

Реализация Правительством РФ единой политики в области экологии отражена в экологической доктрине РФ, определяющей стратегические цели, направления, задачи и принципы, проводимые на долгосрочный период [2].

Основой такой долгосрочной политики является стратегия экологической

безопасности РФ на период до 2025 года, направленная на предотвращение внутренних, а также внешних угроз и вызовов экологической безопасности [3].

К внутренним вызовам относится, в том числе, загрязняющее воздействие на окружающую среду, происходящее вследствие наличия объектов накопленного вреда, а также высокой степени износа производственных фондов опасных объектов.

Кроме того, стратегией подтверждается существенная опасность, связанная с разливами нефтеналивных грузов (далее ННГ) не только в рамках их добычи, но и транспортировки, а также перевалки и хранения, что характерно для железнодорожного транспорта. Поэтому защищенность каждого этапа перевозок ННГ железнодорожным сообщением играет важную роль для экологического состояния страны. Рассмотрим более подробно эти этапы.

Основная часть

Погрузка ННГ (налив) является началом логистической цепи и осуществляется на специализированных наливных железнодорожных эстакадах, эксплуатируемых в составе объектов нефтепереработки, относящихся к опасным производственным объектам в соответствии с Федеральным законодательством [4].

Безопасность производственного процесса погрузки ННГ обеспечивается посредством организационных и технических решений, сформированных, в том числе, из соображений предупреждения и ликвидации негативного воздействия на окружающую среду.

Организационные решения представлены комплексом административных и процедурных мероприятий, регулирующих деятельность производственного персонала, а также порядок его взаимодействия с объектом, сформированный в виде правил

по охране труда и инструкций [5, 6], устанавливающих требования к безопасному ведению погрузочных процедур.

Порядок действий при аварийных ситуациях, связанных с несанкционированными разливами нефтепродуктов, определен планами по их локализации и ликвидации (далее ПМЛА) [7, 8].

На сегодняшний день ПМЛА является основным организационным средством обеспечения защиты окружающей среды, основанным на прогнозировании аварийных ситуаций различной степени тяжести и направлен на эффективную ликвидацию аварии.

Функции по предупреждению угроз окружающей среде выполняет техническая база, подразделяемая в свою очередь на пассивные и активные средства защиты, регламентируемые указаниями и рекомендациями (табл. 1).

Таблица 1
Техническое обеспечение безопасности погрузочного этапа нефтеналивных грузов
Table 1

Technical security of the loading stage of oil cargo

№ п/п	Нормативные технические средства защиты	
	Пассивные	Активные
1	Минимально допустимые расстояния эстакад от смежных территорий	Автоматизированная система блокировки и противоаварийной защиты
2	Требования к устройству площадки эстакад (покрытие, уклоны, кюветы, обвалования и т.п.)	Система улавливания и рекуперации паров нефти и нефтепродуктов
3	Требования к технологическому оборудованию (закрытые устройства налива, электроприводная арматура и т.п.)	Автоматизированная система пожаротушения

Исходя из приведенных данных, наиболее эффективными являются активные средства защиты объекта погрузки ННГ. Наиболее значимые - системы блокировки и противоаварийной защиты (далее СБиПАЗ), реализуемые через взаимодействие автоматизированной системы управления и исполнительных устройств [9].

Основным назначением СБиПАЗ является непрерывный контроль параметров технологического процесса погрузки и мгновенная его блокировка в случае выхода значений за безопасные пределы, за

счет чего вероятность разливов сводится к минимуму.

Снижение объемов загрязняющих выбросов в атмосферу в результате интенсивных испарений ННГ, выделяемых при их погрузке, реализуется посредством установок улавливания и рекуперации паров (далее УРП), предназначенных для улавливания паровоздушной смеси (ПВС) и их конденсации с последующим возвратом жидкой фазы в резервуары хранения.

Важно заметить, что УРП широко применяется исключительно на наливных эстакадах, где используются специальные наливные устройства, чей конструктив

адаптирован под отвод паровой фазы ННГ в УРП через трубопроводную сеть.

Применение УРП позволяет значительно сократить выбросы загрязняющих

веществ в атмосферу, а также сводит к минимуму вероятность возгорания на погрузочном участке (рис. 1).

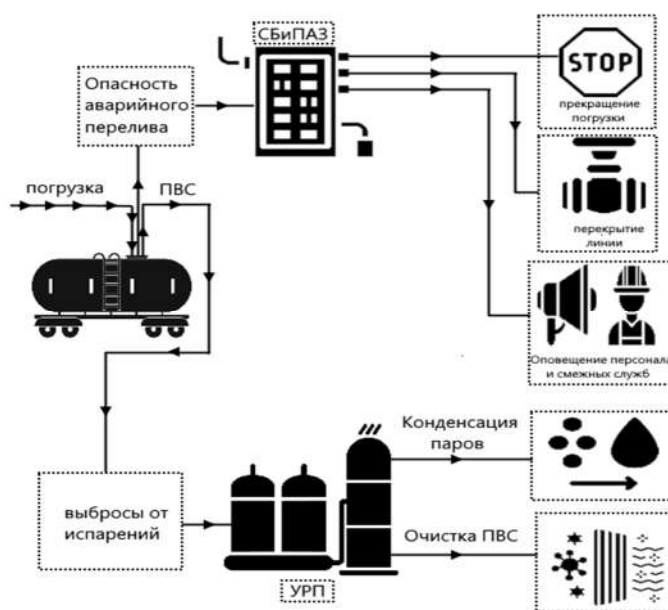


Рис. 1. Блок-схема активной защиты погрузки ННГ
Fig.1. Block diagram of active protection for oil cargo transshipment (NOG)

Перевозка ННГ является промежуточным звеном между погрузочно-разгрузочными этапами и реализуется на объектах транспортной инфраструктуры ОАО «РЖД».

При этом эксплуатация вагонов-цистерн должна производиться в исправном техническом состоянии и в соответствии с техническими условиями, установленными в целях обеспечения безопасности при перевозках.

В то же время ОАО «РЖД» открыто признается о необходимости увеличения надежности узлов грузовых вагонов, а также совершенствования их конструкции [10]. Отгруженные ННГ при перевозках подвергаются физическим воздействиям (движение, нагревание) что способствует их интенсивному испарению и негативному воздействию на окружающую среду.

Решение вопроса защиты окружающей среды при перевозке ННГ регулируется нормативными документами. Согласно требованиям правил [111], степень погрузки ННГ не должна превышать процентное значение от объема котла цистерны, рас-

считываемое исходя из физических параметров ННГ и окружающей среды для обеспечения необходимого внутреннего газового пространства.

В целях минимизации загрязнения окружающей среды парами ННГ и одновременного сохранения целостности котлов вагонов-цистерн последние должны быть оснащены предохранительным клапаном. При этом установочное давление предохранительного клапана не должно превышать 25 % от величины рабочего давления, создаваемого в котле, согласно ГОСТ 10674-2022 [12] и ГОСТ 12.2.085 - 2002 [133].

Таким образом, можно резюмировать, что вопросу защиты окружающей среды от загрязняющего воздействия в рамках этапа перевозки ННГ уделено значительное внимание, что обеспечивается проработанной системой нормативных требований к техническому оснащению и состоянию парка подвижного состава.

Выгрузка ННГ является заключительным этапом их железнодорожной перевозки и осуществляется на эстакадах

сливного назначения, в связи с чем нормативные требования, предъявляемые к объекту, идентичны требованиям к наливным эстакадам. Отличительной особенностью рассматриваемого этапа является опорожнение железнодорожных цистерн с легко воспламеняющимися жидкостями, которое, согласно рекомендациям [14], должно осуществляться через закрытую систему, состоящую из устройств нижнего слива и коллекторов.

Учитывая, что выгрузка ННГ предполагает разгерметизацию железнодорожных цистерн, сопровождаемую испарением в атмосферу вредных и взрывоопасных паров и газов, данные работы в соответствии с правилами [15] отнесены к газоопасным. При этом в настоящее время активная защита процесса выгрузки ННГ имеет существенные отличия от погрузочного этапа, которое заключается в организации работы СБиПАЗ, выраженной в функциональном обеспечении состояния защиты окружающей среды. В процессе выгрузки ННГ комплекс контрольно-измерительных устройств системы защиты осуществляет снятие показаний технологического процесса (температура, давление, загазованность) и обеспечивает контроль их нахождения в пределах безопасных значений.

Возникновение аварийного разлива, сопровождаемое превышением концентрации паров, идентифицируется сигнализаторами, смонтированными на фронте слива, что инициирует блокировку процесса выгрузки. Блокировка подразумевает под собой автоматическую остановку насосного оборудования и перекрытие коллектора дистанционной электроприводной арматурой с одновременным световым и звуковым оповещением персонала и смежных служб. В процессе сравнительного анализа СБиПАЗ этапов погрузки и выгрузки, выявлены существенные недостатки упреждающей защиты заключительного этапа, выраженные в ограниченности зоны действия защиты.

Установлено, что зона очага аварийных разливов ННГ, происходящих в точке контакта сливного устройства с цистерной, либо на поворотных соединениях устройства, совершенно не совпадает с областью фактического действия защиты, иными словами: аварийная ситуация, связанная с несанкционированным разливом, продолжает протекать даже после активации противоаварийной защиты. На рис. 2 представлена схема активной защиты выгрузки ННГ.



Рис. 2. Блок-схема активной защиты выгрузки нефтеналивных грузов (ННГ)
 Fig.2. Block diagram of active protection for oil cargo unloading (NOG)

В данном случае можно утверждать о низкой эффективности работы противоаварийной защиты, способствующей не только протеканию, но и увеличению степени негативной нагрузки на окружающую среду. Необходимо отметить и вредные

выбросы от испарений, происходящие через горловину железнодорожной цистерны, которая, как упоминалось ранее, должна быть открыта в течении всего периода выгрузки ННГ [111].

При этом действующими нормативными актами исключение таких вредных выбросов не регламентируется, а даже напротив, принимается как производственная необходимость. В целях наглядной демонстрации результаты анализа сведены в табл. 2.

В табл. 2 продемонстрировано существенное отставание этапа выгрузки ННГ по показателям эффективности защиты от источников загрязняющего воздействия на окружающую среду (разливы, испарения).

Таблица 2
Сравнительный анализ обеспечения защиты окружающей среды этапов транспортировки ННГ

Table 2

Comparative analysis of environmental protection of NOG transportation stages

Показатель	Погрузка	Перевозка	Выгрузка
Нормативное регулирование	+	+	+
Организационное обеспечение защиты	+	+	+
Техническая оснащенность	+	+	+
Защита от аварийных разливов ННГ	+	+	-
Защита от выбросов вредных веществ в результате испарений ННГ	+	+	-
Превентивность	+	+	-

Заключение

Железнодорожная транспортировка нефтеналивных грузов занимает одну из лидирующих позиций в структуре единой транспортной системы Российской Федерации по объемам перевозок. Учитывая пролегание транспортных маршрутов в тесном сопряжении с природными зонами, в том числе особо охраняемыми, а также в границах населенных пунктов, вопрос охраны окружающей среды при реализации перевозочного процесса является одним из наиболее актуальных вопросов.

На основании результатов, полученных в ходе анализа состояния защиты окружающей среды от загрязняющего воздействия этапов транспортировки нефтеналивных грузов, можно сделать вывод о

недостаточном уровне технического оснащения этапа выгрузки нефтепродуктов, выраженном в отсутствии превентивности комплекса безопасности.

Кроме того, действующие средства активной защиты выгрузки ННГ изолируют смежные участки объекта и не ликвидируют очаг загрязняющего воздействия, что свидетельствует о низкой эффективности такой защиты.

Таким образом, вопрос состояния защиты этапа выгрузки ННГ стоит наиболее остро и необходим к пересмотру в сторону модернизации, основанной на принципах превентивности и обеспечения непосредственного воздействия на источник загрязнения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Конституция Российской Федерации: принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 г. (ред. от 21.07.2014). М. : Юрист, 2015. 48 с.
2. Распоряжение Правительства РФ от 31 августа 2002 г. N 1225-р «Об одобрении Экологической доктрины Российской Федерации» // СЗ РФ. 2002. N 36. Ст. 3510.
3. Об утверждении Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года (по состоянию на 25.01.2016): подготовлен Минприроды России: Проект Указа Президента РФ [Электронный ресурс] //

Справочно-правовая система (СПС) «Консультант». Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons>.

4. Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.1997 N 116-ФЗ.
5. Правила по охране труда при хранении, транспортировании и реализации нефтепродуктов, утвержденные Приказом Минтруда России от 16.12.2020 № 915н.
6. ТОИ Р-112-13-95 Типовая инструкция по охране труда при сливноналивных операциях в

резервуарных парках, на железнодорожных и автоналивных эстакадах.

7. Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 N 2451 "Об утверждении Правил организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации, за исключением внутренних морских вод Российской Федерации и территориального моря Российской Федерации, а также о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации".
8. Постановление Правительства Российской Федерации от 15.09.2020 № 1437 «Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации аварий на опасных производственных объектах»;
9. Кузьмин, О. С. Проблемы обеспечения безопасности перевозок нефтепродуктов железнодорожным транспортом в отечественной и зарубежной науке / О. С. Кузьмин, А. Н. Луценко, Е. С. Куликова // Транспортное дело России. 2024. № 1. С. 238-240. EDN FАNAZX.
10. О стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года (утв. Распоряжением Правительства РФ

от 17.06.2008 №877-р) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=155> (дата обращения: 10.05.2024).

11. Приказ Министерства транспорта РФ от 29 июля 2019 г. № 245 «Об утверждении Правил перевозок железнодорожным транспортом грузов наливом в вагонах-цистернах и вагонах бункерного типа для перевозки нефтебитума».
12. ГОСТ 10674-2022. Межгосударственный стандарт. Вагоны-цистерны. Общие технические условия".
13. ГОСТ 12.2.085-2002. Сосуды, работающие под давлением, клапаны предохранительные / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. М.: ОАО «НИИХИММАШ», 2022. 15 с.
14. Обеспечение пожарной безопасности предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Рекомендации (утв. ФГУ ВНИИПО МЧС РФ 24.05.2004).
15. Приказ Ростехнадзора от 12.12.2020 № 528 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасного ведения газоопасных, огневых и ремонтных работ» (Зарегистрировано в Минюсте России 28.12.2020 № 528).

REFERENCES

1. Russia. Constitution of the Russian Federation. Moscow: Yurist; 2015.
2. Russia. Decree of the Government of the Russian Federation. On approval of the Environmental Doctrine of the Russian Federation; 2002.
3. Draft Decree of the President of the Russian Federation. On the Approval of the Environmental Safety Strategy of the Russian Federation for the period up to 2025 [Internet]. [place unknown]: Ministry of Natural Resources of the Russian Federation. Available from: <http://base.consultant.ru/cons>.
4. Russia. Federal Law. On Industrial Safety of Hazardous Production Facilities; 1997.
5. Russia. Rules on Labor Protection During Storage, Transportation and Sale of Petroleum Products. Ministry of Labor of the Russian Federation; 2020.
6. Russia. TOY R-112-13-95 Model Guidelines for Occupational Safety and Health in Loading/Unloading Operations at Tank Farms and Railway Tank Car and Truck Loading Facilities. Russian Federation Mintopenergo; 1995.
7. Russia. Resolution of the Government of the Russian Federation. On Approval of the Rules for the Organization of Measures to Prevent and Eliminate Oil and Petroleum Product Spills on the Territory of the Russian Federation, with the Exception of the Internal Sea Waters of the Russian Federation and the Territorial Sea of the

Russian Federation, as well as on Invalidation of Certain Acts of the Government of the Russian Federation; 2020.

8. Russia. Resolution of the Government of the Russian Federation. On Approval of the Regulations on the Development of Action Plans for the Localization and Elimination of Accidents at Hazardous Production Facilities; 2020.
9. Kuzmin OS, Lutsenko AN, Kulikova ES. Problems of ensuring safety of oil products transportation by rail transport in domestic and foreign science. *Transportnoe Delo Rossii*. 2024;1:238-240.
10. Russia. Decree of the Government of the Russian Federation. On the Strategy for the Development of Railway Transport in the Russian Federation until 2030 [Internet]. 2008 [cited 2024 Oct 05]. Available from: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=155>.
11. Russia. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation. On Approval of the Rules for Rail Transportation of Goods in Tank Cars and Hopper Cars for Transporting Dead Oil; 2019.
12. GOST 10674-2022. Tank cars. General specification. Moscow: Russian Institute for Standardization; 2023.
13. GOST 12.2.085-2002. Vessels working under pressure. Safety valves. Safety requirements Moscow: NIIHIMMASH; 2022.

14. Russia. Recommendations. Ensuring fire safety of oil refining and petrochemical industry enterprises. Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation; 2004.

15. Russia. Rostekhnadzor Order No. 528. On Approval of Federal Norms and Rules in the Field of Industrial Safety. "Rules for the Safety of Gas-hazardous, Fire and Repair Work. Ministry of Justice of the Russian Federation; 2020.

Информация об авторах:

Кузьмин Олег Сергеевич – аспирант кафедры «Техносферная безопасность», Author ID РИНЦ 1087908, тел. +79963898395.

Луценко Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность», Author ID РИНЦ 860647.

Kuzmin Oleg Sergeevich – Postgraduate Student of Technosphere Safety Department, Author ID of RSCI 1087908; phone: +79963898395.

Lutsenko Andrey Nikolaevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Technosphere Safety Department, Author ID RSCI 860647.

Куликова Елена Сергеевна – старший преподаватель ВШ «Транспортного строительства, землеустройства и геодезии», Author ID РИНЦ 222668, тел. +79625001403.

Вдовенко Владимир Алексеевич – преподаватель ВШ «Транспортного строительства, землеустройства и геодезии».

Kulikova Elena Sergeevna – Senior Lecturer of the Higher School of Economics at the Department of Transport Construction, Land Management and Geodesy, Author ID RSCI 222668; phone: +79625001403.

Vdovenko Vladimir Alekseevich – Lecturer of the Higher School of Economics at the Department of Transport Construction, Land Management and Geodesy.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья опубликована в режиме Open Access.
Article published in Open Access mode.

Статья поступила в редакцию 23.06.2024; одобрена после рецензирования 16.07.2024; принята к публикации 26.07.2024. Рецензент – Антипин Д.Я., кандидат технических наук, доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог», директор учебно-научного института транспорта Брянского государственного технического университета, член редсовета журнала «Транспортное машиностроение».

The article was submitted to the editorial office on 23.06.2024; approved after review on 16.07.2024; accepted for publication on 26.07.2024. The reviewer is Antipin D.Ya., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Railway Rolling Stock, Director of the Educational and Scientific Institute of Transport at Bryansk State Technical University, member of the Editorial Council of the journal *Transport Engineering*.