

Транспортные системы Transport systems

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 629.065

doi: 10.30987/2782-5957-2025-3-20-26

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ЭТАПА ПЕРЕВОЗКИ НЕФТЕНАЛИВНЫХ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ВИДОМ ТРАНСПОРТА

Олег Сергеевич Кузьмин¹, Андрей Николаевич Луценко², Елена Сергеевна Куликова^{3✉}, Артур Юрьевич Шилов⁴

^{1,2,4} Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск, Россия

³ Тихоокеанский государственный университет, 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 readheadunit@mail.ru

Аннотация

В статье представлены результаты экспериментального исследования, направленного на выявление наиболее неблагоприятного этапа транспортировки нефти и нефтепродуктов железнодорожным сообщением с точки зрения загрязняющего воздействия, оказываемого на окружающую среду.

Цель исследования – выявление этапа транспортировки нефтеналивных грузов железнодорожным сообщением, обладающего наиболее негативным влиянием на окружающую среду.

Актуальность и научная новизна заключается в обосновании наиболее неблагоприятного этапа транспортировки нефтеналивных грузов по желез-

ной дороге на основании результатов экспериментального исследования образцов почв, взятых в границах перевозочного процесса.

Практическая значимость настоящей работы заключается в количественной оценке загрязняющего воздействия транспортировки нефтеналивных грузов как основания для дальнейшего определения вектора разработки мероприятий по защите окружающей среды.

Ключевые слова: окружающая среда, выгрузка, разлив, нефтепродукты, эксперимент, разгерметизация, экологическая безопасность, транспорт, вагон-цистерна.

Ссылка для цитирования:

Кузьмин О.С. Определение неблагоприятного этапа перевозки нефтеналивных грузов железнодорожным видом транспорта / О.С. Кузьмин, А.Н. Луценко, Е.С. Куликова, А.Ю. Шилов // Транспортное машиностроение. – 2025. - № 3. – С. 20-26. doi: 10.30987/2782-5957-2025-3-20-26.

Original article

Open Access Article

DETERMINATION OF UNFAVORABLE STAGE OF TRANSPORTING OIL CARGOES BY RAILWAY TRANSPORT

Oleg Sergeevich Kuzmin¹, Andrey Nikolaevich Lutsenko², Elena Sergeevna Kulikova^{3✉},
Artur Yuryevich Shilov⁴

^{1,2,4} Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, Russia

³ Pacific National University, 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 readheadunit@mail.ru

Abstract

The paper gives the results of an experimental study aimed at finding the most unfavorable stage of transporting oil and oil products by railway in terms of the polluting effects of the environment.

The study objective is to identify the stage of transporting oil cargo by railway, which has the most negative impact on the environment.

The relevance and scientific novelty is in the substantiation of the most unpleasant stage of transporting oil cargoes by railway based on the results of

an experimental study of soil samples taken within the boundaries of the transportation.

The practical significance of this work is in the quantitative assessment of the polluting effects of oil cargo transportation as a basis for further determining the development of environmental protection measures.

Keywords: environment, unloading, spill, oil products, experiment, depressurization, environmental safety, transport, tank car.

Reference for citing:

Kuzmin OS, Lutsenko AN, Kulikova ES, Shilov AYu. Determination of unfavorable stage of transporting oil cargoes by railway transport Transport Engineering. 2025;3:20-26. doi: 10.30987/2782-5957-2025-3-20-26.

Введение

В настоящее время нефтепродукты являются одним из доминирующих грузов в структуре железнодорожных перевозок на территории Российской Федерации.

Несмотря на уступку каменному углю по годовым показателям объемов перевозок, востребованность нефтеналивных грузов (далее – ННГ) все же остается на высоком уровне

Перевозка ННГ по железной дороге отмечается одной из наиболее экологически опасных процессов, на всех этапах своей реализации [3, 4]. При этом опасность порядка 30 % выражается в несанкционированных разливах ННГ и загрязнении природной среды токсичными веществами, что в свою очередь приводит к уничтожению биоты [5].

Основным механизмом распространения разливов нефтепродуктов является их движение в сторону уклона с последующим просачиванием в почву и попаданием в грунтовые либо поверхностные воды [6]. Проникая в почву и водные объекты, нефтепродукты создают непригодные условия для флоры и фауны, а приповерхностная пленка в воде создает кислородный, термодинамический и биогеохимический барьер [7, 8].

Основная часть

Принимая во внимание характерные признаки загрязняющего воздействия, определение наиболее неблагоприятного этапа перевозки возможно через исследование массовой доли нефтепродукта, содержащегося в почве.

Одним из источников загрязнения, отмечаемым в отечественной и зарубежной научной базе, являются аварийные разливы, происходящие на этапе следования нефтеналивных грузов [9]. Основной причиной выбросов нефтепродуктов в окружающую среду являются механические повреждения железнодорожных цистерн в результате их схода с рельс с последующим опрокидыванием [10], либо капельные течи, возникающие при частичной разгерметизации сливных приборов в результате механических либо химических воздействий [11].

Кроме этапа следования загрязняющим воздействием обладает и этап выгрузки, являющийся заключительной частью перевозочного цикла. Основную негативную нагрузку на рассматриваемом этапе оказывают аварийные разливы при выгрузке ННГ, происходящие в результате проливов [12], а также потери от испарений. Учитывая негативное влияние, присутствующее в рамках процесса перевозки ННГ железнодорожным видом транспорта, рассмотрение приоритетности защиты окружающей среды целесообразно через определение наиболее неблагоприятного этапа транспортировки.

При этом, на сегодняшний день не установлена единая предельно-допустимая концентрация нефтепродуктов в почвах [13]. В тоже время, согласно [14] содержание нефтепродуктов в почве классифицировано (таблица).

Classification of soil pollution level by oil product

Уровень загрязнения почвы, мг/кг				
Допустимое	Низкое	Среднее	Высокое	Очень высокое
≤ 1000	1000–2000	2000–3000	3000–5000	> 5000

Авторами работы [15] предложено ввести понятие ориентировочно-допустимой концентрации (далее – ОДК) как норматив для содержания нефтепродуктов в почвах.

Для почв с низкой способностью к самоочищению (до 30 лет) ОДК предлагается принять 2 г/кг, со средней способностью (до 10 лет) – 4 г/кг, а высокой способностью (до 5 лет) предлагается принять значение равным 8 г/кг.

Альтернативную позицию выдвигает А.С. Яковлев в работе [16], предлагая принять нормативы в зависимости от вида использования территории.

Так для земель природно-рекреационного, жилого и общественного

пользования, содержание нефтепродуктов не должно превышать 300 мг/кг, а для территории производственного и транспортного пользования – 1000 мг/кг.

В любом случае можно заключить, что любое содержание нефтепродукта в почве, приближенное к пороговым значениям, априори может считаться загрязняющим.

Для реализации исследования были выполнены точечные отборы проб почвы на территории города Хабаровска (Хабаровский край) в границах полосы отвода железнодорожных путей (пробы № 1–8) и на участке выгрузки (пробы № 9,10), согласно схеме на рис. 1.

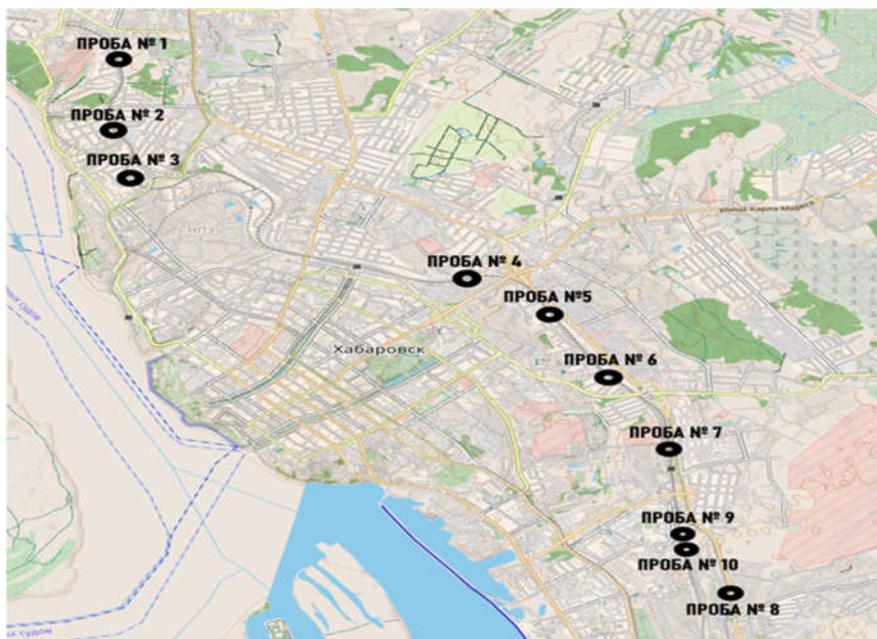


Рис. 1. Карта отбора проб почв

Fig. 1. Soil sampling map

Построение карты отбора проб осуществлялось на участках, принадлежащих этапам следования нефтеналивных грузов, а также этапу их выгрузки.

Пробы 1–8 отбирались согласно маршруту следования нефтеналивных грузов от мест их отгрузки, при этом в целях объективности учитывались маршруты с

высоким трафиком таких перевозок, обладающий наибольшей вероятностью возникновения различных аварийных ситуаций, связанных с разливами нефтепродуктов.

Пробы 9, 10 были отобраны на одном из участков, расположенных в границах города, чем обоснована важность вопроса исследуемого вопроса.

Этап отгрузки нефтепродуктов, осуществляемый также на специализированных железнодорожных эстакадах, был игнорирован в рамках исследования, в связи с высоким уровнем обеспечения безопасности технологического процесса погрузки нефтепродуктов

Взятие проб и их подготовка к исследованиям выполнялись в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.3.01-2017. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб [17], отбор осуществлялся при помощи бура на глубине 300 мм. Отобранные образцы массой 1,5 кг помещались в специализированные пластиковые контейнеры.

Измерения массового содержания нефтепродуктов в образцах осуществлялись аккредитованной лабораторией в соответствии с методикой [17] флуоримет-

рическим методом путем экстракции нефтепродуктов хлороформом из образца, с последующим концентрированием полученного экстракта, его очисткой и измерением интенсивности флуоресценции экстракта анализатором жидкости «Флюторат-02-2М».

По итогам испытаний составлены протоколы определения массовой доли нефтепродуктов в почвах. Сведения о результатах испытаний изображены на рис. 2.

Исходя из приведенных данных, наибольшее массовое содержание нефтепродуктов обнаружено в пробах 9 и 10, взятых на фронте участка выгрузки железнодорожных цистерн.

При этом некоторые значения находятся практически на границе раздела низкого и среднего уровней загрязнения почвы. Пробы, взятые в границах полосы отвода, не имеют превышающих показателей и остаются в пределах допустимого уровня загрязнения.

Результаты исследования показывают, что наибольшим загрязняющим воздействием на окружающую среду при транспортировке ННГ обладает этап выгрузки.

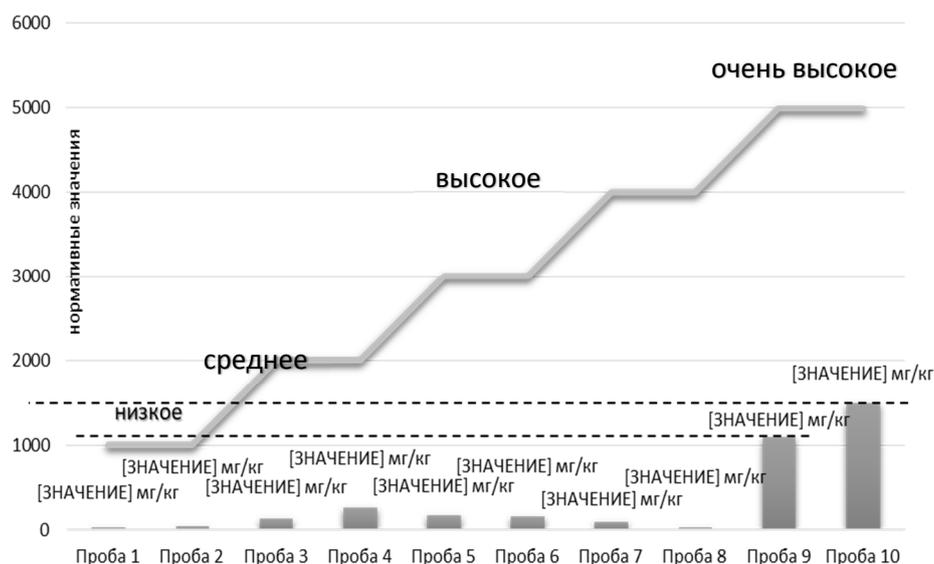


Рис. 2. Массовое содержание нефтепродуктов в пробах почв

Fig. 2. Mass content of petroleum products in soil samples

Это прежде всего обусловлено периодическими несанкционированными разливами, а также постоянным выделением и

оседанием паровоздушной смеси, образующей в результате испарений ННГ в ходе выгрузки.

Заключение

Транспортировка ННГ сопряжена с риском загрязняющего воздействия, оказываемого на состояние окружающей среды.

Учитывая характер протекания аварийных факторов, выраженный в проливах нефтепродуктов с их попаданием в почву, наиболее подходящим методом определения неблагоприятного этапа является исследование массовой доли нефтепродукта, содержащегося в почве.

Для этого в рамках исследования были отобраны образцы почвы в соответствии с маршрутом следования ННГ от места переработки и отгрузки до точки их выгрузки. В результате испытаний установлено, что наибольшие показатели концентрации нефтепродукта обнаруже-

ны в образцах, взятых на участке выгрузки ННГ.

Это доказывает, что наибольшим загрязняющим воздействием обладает этап выгрузки ННГ, где причиной является периодически происходящие аварийные разливы выгружаемых нефтепродуктов, а также их испарения из люков железнодорожных цистерн, открытых во время выгрузки.

Учитывая обоснованность загрязняющего воздействия, наибольшую чрезвычайность и значимость приобретает вопрос необходимости разработки решений, направленных на обеспечение безопасности и защищенности этапа выгрузки ННГ от возникновения инцидентов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кузьмин, О. С. Региональные особенности железнодорожных перевозок нефтеналивных грузов на территории Дальнего Востока / О. С. Кузьмин, А. Н. Луценко, Е. С. Куликова // Транспортное дело России. 2024. № 3. С. 227-230. – EDN CDMTKJ.
2. Развитие методических основ прогнозирования разливов нефтепродуктов при железнодорожных авариях / С. Г. Аксенов, А. Н. Елизарьев, А. А. Никитин, Е. Н. Елизарьева // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2014. Т. 1, № 1(5). С. 79-83. – EDN VMDHPL;
3. Султанов, Р. М. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций при транспортировке нефтепродуктов железнодорожным транспортом / Р. М. Султанов, Л. А. Ибатуллина // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. № 1(107). С. 176-185. – EDN YJYAVL.
4. Ли, Я. Анализ рисков транспортировки нефтепродуктов из России в Китай / Я. Ли // Экономические науки. 2018. № 160. С. 37-40. – EDN XZTMRP;
5. Акимов, В. А. Риски транспортировки опасных грузов / В. А. Акимов, Ю. И. Соколов ; © Акимов В.А., Соколов Ю.И., 2011 © МЧС России, 2011 © ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. Москва, 2011. 276 с. – ISBN 978-5-93970-047-4. – EDN OJWVZD.
6. Либерман, Б. А. Экологические проблемы транспортировки опасных грузов по железным дорогам России / Б. А. Либерман, А. С. Хмелев // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016. Т. 6, № 1. С. 51-54. – DOI 10.18503/2222-9396-2016-6-1-51-54. – EDN XHSDSZ.
7. Константинов, И. В. Влияние разливов нефтепродуктов на экологию / И. В. Константинов, А. П. Мухаметова, Д. Е. Пронина // Научные исследования молодых учёных: сборник статей XXI Международной научно-практической конференции, Пенза, 17 ноября 2022 года. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2022. С. 33-36. – EDN FJGFVK.
8. Трифонова, Т. А. Экологическая геохимия: словарь-справочник / авт.-сост.: Т. А. Трифонова, Л. А. Ширкин ; Владим. гос. ун-т. Владимир : Ред.- издат. комплекс ВлГУ, 2005. 140 с. – ISBN 5-89368-000-0.
9. Никулин, А. А. Подходы к прогнозированию негативного влияния железнодорожного транспорта на окружающую среду / А. А. Никулин, М. В. Медов, Р. В. Кошкарров // Universum: технические науки. 2021. № 4-1(85). С. 18-22. – EDN BQNMKW.
10. Елизарьев, А. Н. Прогнозирование разливов нефтепродуктов при железнодорожных авариях / А. Н. Елизарьев, Т. Р. Юсупов, Е. Н. Елизарьева // Бюллетень результатов научных исследований. 2016. № 3-4(20-21). С. 28-35. – EDN XIEMGV.
11. Седов, Д. В. О смягчении последствий аварий при перевозке нефти и нефтепродуктов по железной дороге / Д. В. Седов // Национальная Ассоциация Ученых. 2015. № 3-3(8). С. 124-128. – EDN YGFJPP.
12. Кузьмин, О. С. Проблемы нормативно-технического обеспечения безопасности перевозок нефтепродуктов железнодорожным транспортом / О. С. Кузьмин, А. Н. Луценко,

- Е. С. Куликова // Транспортное дело России. 2023. № 6. С. 349-351. – DOI 10.52375/20728689_2023_6_349. – EDN SPXPDV.
13. Околелова, А. А. Особенности определения и нормирования нефтепродуктов в почвах / А. А. Околелова, В. Ф. Желтобрюхов // Естественно-гуманитарные исследования. 2013. № 1(1). С. 12-18.
 14. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах. Л.: Гидрометеиздат, 1987. С. 107-111.
 15. Другов Ю.С. и [др.]. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов: практическое руководство: 2-е изд., перераб. и доп./ Ю.С. Другов, А.А. Родин. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. С. 424;

REFERENCES

1. Kuzmin OS, Lutsenko AN, Kulikova ES. Regional features of railway transportation of oil cargo in the Far East territory. *Transport Business of Russia*. 2024;3:227-230.
2. Aksenov SG, Elizariyev AN, Nikitin AA, Elizarieva EN. Development of methodological foundations for forecasting oil product spills in railway accidents. *Fire safety: Problems and Prospects*. 2014;1(5):79-83.
3. Sultanov RM, Ibatullina LA. Forecasting of emergency situations during transportation of petroleum products by railway. *Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*. 2017;1(107):176-185.
4. Li Ya. Analysis of the risks of transporting petroleum products from Russia to China. *Economic Sciences*. 2018;160:37-40.
5. Akimov VA, Sokolov YuI. Risks of transporting dangerous goods. Moscow; 2011.
6. Lieberman BA, Khmelev AS. Ecological problems of transporting dangerous goods by railways of Russia. *Modern Problems of Russian Transport Complex*. 2016;6(1):51-54. DOI 10.18503/2222-9396-2016-6-1-51-54.
7. Konstantinov IV, Mukhametova AP, Pronina DE. Impact of oil product spills on the environment. *Collection of papers of the XXI International Scientific and Practical Conference, November 17, 2022: Scientific Research of Young Scientists*; Penza: Nauka I Prosveshchenie; 2022.
8. Trifonova TA, Shirkin LA. Ecological geochemistry: dictionary. Vladimir: VSU; 2005.
9. Nikulin AA, Medov MV, Koshkarov RV. Approaches to forecasting the negative impact of railway transport on the environment. *Univer-sum: Technical Sciences*. 2021;4-1(85):18-22.
16. Яковлев А.С. и [др.] Никулина Ю.Г. Экологическое нормирование допустимого остаточного содержания нефти в почвах земель хозяйственного назначения. / А.С. Яковлев, Ю.Г. Никулина // Почвоведение. 2013. № 2. С. 234-239;
17. ГОСТ 17.4.3.01-2017 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.: межгосударственный стандарт ГОСТ 17.4.3.01-2017 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2019 г.
18. ПНД Ф 16.1:2,21-98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флюторат-02». ООО «Люмэкс». Санкт-Петербург, 2007. 26 с.
10. Elizariyev AN, Yusupov TR, Elizarieva EN. Forecasting of oil product spills in railway accidents. *Bulletin of Scientific Research Results*. 2016;3-4(20-21):28-35.
11. Sedov DV. On mitigating the consequences of accidents during the transportation of oil and petroleum products by railway. *National Association of Scientists*. 2015;3-3(8):124-128.
12. Kuzmin OS, Lutsenko AN, Kulikova ES. Problems of regulatory and technical safety of transportation of petroleum products by railway. *Transport Business of Russia*. 2023;6:349-351. DOI 10.52375/20728689_2023_6_349.
13. Okolelova AA, Zheltobryukhov VF. Features of defining and rationing petroleum products in soils. *Natural-Humanitarian Studies*. 2013;1(1):12-18.
14. Collection of methods to determine concentrations of pollutants in industrial emissions. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1987.
15. Drugov YuS, Rodin AA. Analysis of polluted soil and hazardous waste: practical guide: 2nd ed. Moscow: BINOM. Laboratory of Knowledge; 2007.
16. Yakovlev AS, Nikulina YuG. Ecological rationing of the permissible residual oil content in the soils of agricultural lands. *Soil Science*. 2013;2:234-239.
17. GOST 17.4.3.01-2017 Nature protection. Soils. General requirements for sampling. Moscow: Standartinform; 2019.
18. ПНД F 16.1:2,21-98. Method of measuring the mass fraction of petroleum products in soil and soil samples using the fluorimetric method with the liquid analyzer "Fluorate-02". Saint Petersburg: Lumex LLC; 2007.

Информация об авторах:

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

Луценко Андрей Николаевич – кандмдат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность», Author ID РИНЦ860647.

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

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

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

Шилов Артур Юрьевич, бакалавр кафедры «Системы электроснабжения», Elibrary ID 77.41.190.53.

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

Shilov Artur Yuryevich – Bachelor of the Department of Power Supply Systems, Elibrary ID 77.41.190.53.

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 14.01.2025; одобрена после рецензирования 17.02.2025; принята к публикации 27.02.2025. 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 14.01.2025; approved after review on 17.02.2025; accepted for publication on 27.02.2025. 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*.