

Обеспечение безопасности движения поездов путем внедрения инновационных систем

И.М. Попова^{1✉}, В.В. Карнакова²

^{1,2} Филиал Самарского государственного университета путей сообщения в г. Саратове (Филиал СамГУПС в г. Саратове); г. Саратов, Россия

¹ impopova@mail.ru✉

² vika.ice@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены вопросы безопасности движения поездов. Особое внимание уделяется такому критерию, как качество предоставляемых услуг. Ключевой из характеристик качества услуг железнодорожного транспорта является безопасность движения поездов.

Проведен анкетный опрос для выявления причин нарушения безопасности движения, определены основные причины нестандартных ситуаций. Одна из причин нарушения безопасности движения — человеческий фактор. Предлагается сократить случаи нестандартных и аварийных ситуаций при помощи внедрения цифровой технологии автоматизации, такой как система маневровой автоматической локомотивной сигнализации (МАЛС). Технология относится к области железнодорожной автоматики, которую можно внедрить для использования на локомотивах с целью повышения безопасности движения путем грамотного регулирования движения поездов, а также маневровой работой по железнодорожной станции. Своевременный контроль позволяет исключить передачу ошибочной (неправильной) информации на МАЛС, что исключает формирование ложных команд в локомотивах и тем самым снижает количество нестандартных и аварийных ситуаций на транспорте. Данная система даст возможность осуществить комплексную модернизацию существующих устройств сигнализации, автоматизировать маневровую работу и рациональнее использовать локомотивы на станции, усовершенствовав логистический процесс.

Ключевые слова: безопасность движения; человеческий фактор; цифровые технологии; маневровая автоматическая локомотивная сигнализация (МАЛС); железнодорожная станция; качество услуг; логистика

Для цитирования: Попова И.М., Карнакова В.В. Обеспечение безопасности движения поездов путем внедрения инновационных систем // Техник транспорта: образование и практика. 2024. Т. 5. Вып. 2. С. 217–222. <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2024.2.217-222>.

Original article

Ensuring the safety of train traffic by introducing innovative systems

Irina M. Popova^{1✉}, Victoria V. Karnakova²

^{1,2} Branch of the Samara State Transport University in Saratov; Saratov, Russian Federation

¹ impopova@mail.ru✉

² vika.ice@yandex.ru

ABSTRACT

The article discusses issues of train traffic safety. When considering competitive advantage when choosing modes of transport, special attention is paid to such a criterion as the quality of the services provided. One of the characteristics of the quality of railway transport services is the safety of train traffic. A questionnaire was conducted to identify the causes of traffic safety violations, and the main causes of non-standard situations were identified. One of the reasons for traffic safety violations is the human factor. It is proposed to reduce cases of non-standard and emergency situations through the introduction of digital automation technologies, such as the “shunting automatic locomotive alarm” (MALS) system. The technology relates to the field of railway automation, which can be implemented for use on locomotives in order to improve traffic safety, through competent regulation

of train movement, as well as shunting work at the railway station. Timely control eliminates the transmission of erroneous (incorrect) information to the MALS, which eliminates the formation of false commands in locomotives and thereby reduces the number of non-standard and emergency situations in transport. This system will allow for a comprehensive modernization of existing signaling devices, automation of shunting work and more rational use of locomotives at the station, thereby improving the logistics process.

Keywords: traffic safety; human factor; digital technologies; shunting automatic locomotive signaling (MALS); railway station; service quality; logistics

For citation: Popova I.M., Karnakova V.V. Ensuring the safety of train traffic by introducing innovative systems. *Transport technician: education and practice*. 2024;5(2):217-222. (In Russ.). <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2024.2.217-222>.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях одним из приоритетных направлений реализации Стратегии развития транспортного комплекса является безопасность в системе управления железнодорожным транспортом (ЖДТ)¹. От безопасности перевозок зависят жизнь и здоровье пассажиров, а также сохранность перевозимых грузов и целостность инфраструктуры [1].

Железнодорожный транспорт занимает лидирующие позиции среди грузоперевозчиков². Проведен анкетный опрос среди грузоотправителей. Результаты исследования позволили выявить критерии качества перевозок, необходимые для грузоотправителей (рис. 1).

Актуальность рассматриваемой темы обусловлена тем, что на ЖДТ особое внимание уделяется безопасности движения поездов [2]. Различные аварийные ситуации на транспорте сопровождаются материальными издержками с повреждением инфраструктуры. Данный вопрос носит социально значимый характер в связи с тем, что ава-

рии причиняют вред здоровью, а также могут привести к гибели людей [3].

Изучением задач и перспектив применения на железнодорожном транспорте инновационной российской системы «Маневровая автоматическая локомотивная сигнализация» (МАЛС) занимались Г.А. Зуев, И.В. Мирошкин, С.И. Долганюк, И.С. Полевский и др.

Эта система в настоящее время применяется на ЖДТ и в основном направлена на обеспечение такого критерия как повышение уровня безопасности движения поездов. Ее использование позволит предотвратить проезд светофоров с запрещающим сигналом и исключить превышение скоростного режима.

В настоящей статье, помимо указанного критерия, предлагается рассмотреть применение МАЛС для сокращения простоя вагонов под грузовыми операциями. Зачастую ввиду аварийных ситуаций, возникающих при маневровой работе, вагоны не забирают с подъездных путей и грузового двора, а ставят на акты простоев. При внедрении МАЛС сокращаются случаи нарушения безопасности движения, что приводит к уменьшению простоя вагона под грузовыми операциями.

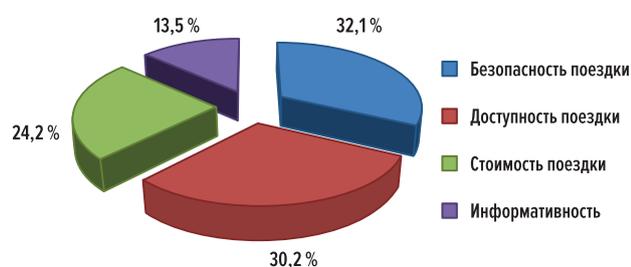


Рис. 1. Критерии качества перевозок

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках опроса респондентов также выявлены основные причины нарушения безопасности движения, которые оказывают негативное влияние на перевозочный процесс (рис. 2).

Проанализирована статистика случаев нарушения безопасности движения поездов за период

¹ Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 года (утверждена Распоряжением Правительства РФ от 19.03.2019 № 466-р).

² Оперативные данные опубликованы в пресс-релизе ОАО «РЖД» от 09.01.2024.

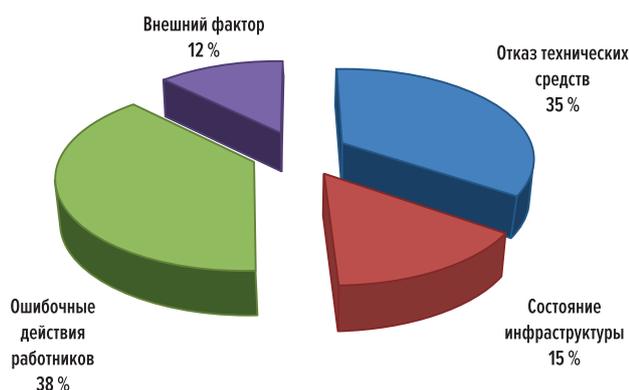


Рис. 2. Причины нарушения безопасности движения

2015–2023 гг. Анализ показал отрицательную тенденцию в виде снижения их общего количества (рис. 3)³.

Проведенный анализ случаев нарушения движения поездов позволил выявить, что причинами аварий в первую очередь могут являться [4]:

- проезд запрещающего показания локомотивного светофора;
- неправильное и несвоевременное применение автотормозов;
- превышение скорости движения и несоблюдение ограничений на участке.

Количество сходов и столкновений железнодорожного подвижного состава на путях общего и необщего пользования за 2023 г. представлено на рис. 4⁴.

Анализ состояния безопасности перевозок демонстрирует, что наибольшее количество нарушений допускается при производстве маневровой работы.

Изучены причины нарушения безопасности движения при маневровой работе. К ним можно отнести:

- отсутствие контроля за маршрутом;
- непринятие мер к остановке состава;
- команду на движение по неготовому маршруту;
- превышение скорости роспуска;

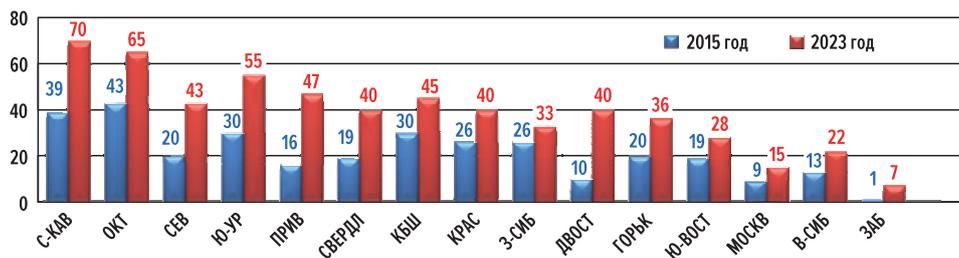


Рис. 3. Динамика нарушения безопасности движения поездов

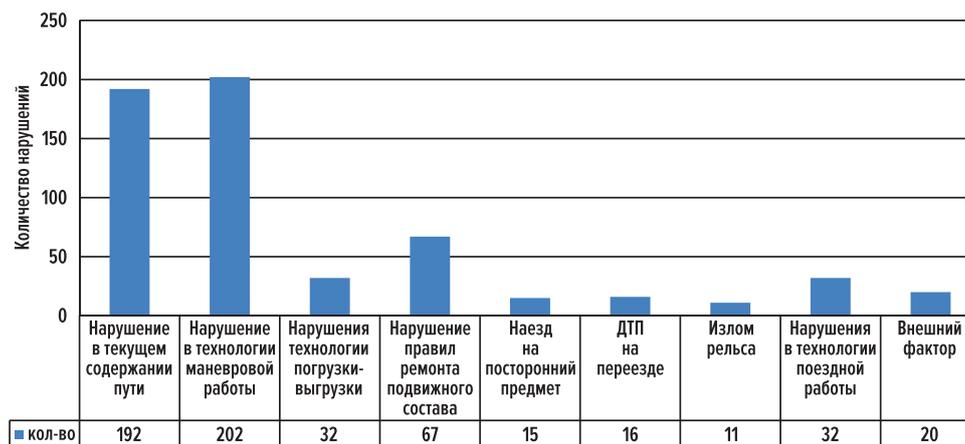


Рис. 4. Количество нарушений за 2023 г.

³ Все значения показателей приведены в отчете ф. 9д-5, публикуемого на сайте ОАО «РЖД» в разделе «Раскрытие информации».

⁴ Нарушение правил безопасности движения на железнодорожном транспорте Российской Федерации (утверждено Управлением государственного железнодорожного надзора Федеральной службы по надзору в сфере транспорта).

- нарушение требований инструкции по работе горки;
- неизъятие тормозного башмака.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенный анализ показывает, что большинство из указанных причин зависят от человеческого фактора. Для снижения влияния человеческого фактора становится актуальным внедрение инновационных безлюдных технологий [5]. Предлагается внедрение МАЛС.

Система МАЛС может предотвращать нарушения безопасности движения с помощью [6, 7]:

- реагирования на сигналы светофоров и применения автотормозов;
- упрощенных правил ведения переговоров для работников;
- организации передвижения без руководителя работ;
- соблюдения скорости движения в соответствии с ограничениями;
- отсутствия ошибочного восприятия светофоров с соседних путей;
- отсутствия неправильной установки направления маршрута;
- непрерывной записи объектов электрической централизации и состояния инфраструктуры. Архив данных формирует справку эффективной работы локомотива и устройств и позволяет [8]:
- выявить узкие места в технологическом процессе;
- отслеживать нарушения действий и инструкций работников;
- контролировать состояние инфраструктуры;
- использовать записи для разбора и анализа ситуаций.

Система МАЛС может снизить нарушение в маневровой работе, а также нарушение в содержании устройств и сооружений [9, 10]. В любой нестандартной ситуации машинист-оператор может дистанционно подключиться к управлению маневрового локомотива и принимать решения, ориентируясь на видеонаблюдение в реальном времени.

Результатом внедрения МАЛС будет расширение функциональных возможностей при управлении маневровым локомотивом без непосредственного участия машиниста [11]. Ввиду сокращения случаев нарушения безопасности движения поездов сократится время нахождения вагонов под грузовыми операциями. Также при увеличении времени в пути следования ускорится оборот вагона.

Расходы на внедрение технологии показаны на рис. 5.

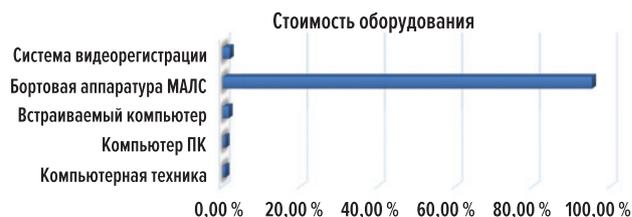


Рис. 5. Затраты на внедрение технологии

Затраты на внедрение системы радиодистанционного управления маневровым локомотивом [12, 13] рассчитываются следующим образом

$$З_{\text{вн}} = З_{\text{обор}} + З_{\text{ин}}, \text{ руб.} \quad (1)$$

где $З_{\text{обор}}$ — затраты на оборудование станции и локомотива, руб.; $З_{\text{ин}}$ — затраты на выполнение инженерных работ, руб.

При внедрении комплекса на станцию сокращается рабочая единица машинистов, экономический эффект будет определяться сокращением фонда заработной платы данных работников [14].

Значение фонда оплаты труда машинистов за год составит

$$\Phi ЗП_{\text{г}} = Ч_{\text{ст}} \cdot ЗП_{\text{ср}} \cdot 12, \text{ руб.}, \quad (2)$$

где $ЗП_{\text{ср}}$ — среднемесячная заработная плата машинистов и составителей.

Внедряемый комплекс позволит оставить одного машиниста для работы оператора, тем самым получить экономию фонда заработной платы.

Простой расчетный срок окупаемости предлагаемого проекта

$$T = \frac{З_{\text{общ}}}{\Delta \Phi ЗП}. \quad (3)$$

Прикладная значимость статьи заключается в обосновании целесообразности применения полученной информации при организации маневровой работы вагона на пути следования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно расчетам срок окупаемости меньше установленных нормативных значений для внедрения крупных инвестиционных проектов, менее 12 лет, следовательно, предлагаемая технология имеет экономическую эффективность для ЖДТ.

Применение МАЛС на железнодорожных станциях позволит сократить штат локомотивных бригад на 20 % (в маневровом движении), простой вагонов под грузовыми операциями на 17 %, тем самым снизив оборот вагона на 23 %. Кроме того, проезд запрещающих сигналов с превышением скоростного режима будет сокращен на 30 %.

Таким образом, с помощью внедрения системы маневровой автоматической локомотивной сигнализации на железнодорожной станции увеличится безопасность движения при выполнении маневровой работы [15]. Использование МАЛС даст возможность повысить уровень контроля над локомотивами и локомотивными бригадами путем спутниковой связи, которая будет фиксировать, архивировать и выводить на отчет все виды нарушений и выявлять проблемы инфраструктуры на станции.

Следовательно, внедрение МАЛС обеспечит безопасность маневровых работ и движения поез-

дов, связанных с отсутствием контроля светофоров; нарушением правил ведения переговоров; движением без приказа ответственного за работу; сном на локомотиве; превышением допустимой скорости движения; с указанием неправильного номера локомотива и направления маршрута. Кроме того, использование системы позволит использовать спутниковую связь для мониторинга местоположения и перемещения локомотива, выявления нарушений основных нормативных документов, скоростных режимов, а также установления проблем в работе сортировочного желоба.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астафьев А.В., Попкова А.М., Царенко А.И., Якубовская А.В., Лахина К.Ш. и др. Интегрированная интеллектуальная система безопасности объектов транспортной инфраструктуры // Вестник транспорта. 2021. № 1. С. 39–42. EDN KKBWPWM.

2. Ивашевский М.Р. Системы видеонаблюдения на железнодорожном транспорте // Мир транспорта. 2019. Т. 17. № 5 (84). С. 298–314. DOI: 10.30932/1992-3252-2019-17-5-298-314. EDN NSTKCT.

3. Москалёва Л.М., Тур О.Э. Анализ совершенствования системы безопасности движения // Безопасность транспорта и сложных технических систем глазами молодежи: материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции. 2018. С. 125–128. EDN XUCYZV.

4. Клочков Е.А., Петухов В.Ф. Безопасность движения поездов // Актуальные проблемы развития транспортного комплекса в условиях цифровой экономики: материалы III Международной студенческой научно-практической конференции. 2021. С. 82–84. EDN WMALWT.

5. Лёвин Б.А., Абанин С.Г., Железнов М.М., Кузнецов М.В. Управление безопасностью перевозок в транспортном комплексе России // Мир транспорта. 2018. Т. 16. № 6 (79). С. 168–175. EDN YTFAT.

6. Семенов Д.О. Повышение эффективности безопасности и надежности на железнодорожном транспорте // Транспортное дело России. 2017. № 3. С. 102–104. EDN ZDGPXR.

7. Сухов Ф.И., Попов В.Г., Боландова Ю.К., Асманкин Е.Г. Управление безопасностью и культура безопасности на транспорте // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2019. Т. 16. № 4. С. 611–619. DOI: 10.20295/1815-588X-2019-4-611-619. EDN BVJCYU.

8. Зуев Г.А. Опыт эксплуатации и технология обслуживания ГАЛС Р и МАЛС // Автоматика, связь, информатика. 2013. № 11. С. 4–7. EDN RQOGMJ.

9. Мирошкин И.В., Долганюк С.И., Полевский И.С. Система МАЛС на станции Челябинск-Главный // Автоматика, связь, информатика. 2015. № 9. С. 2–5. EDN UEKIHZ.

10. Замышляев А.М., Калинин А.В., Долганюк С.И. Система МАЛС: задачи и перспективы // Автоматика, связь, информатика. 2016. № 10. С. 30–33. EDN WMQLZN.

11. Егорова Н.А., Распопов А.А., Мельников А.В., Бачурин А.И. Системные исследования научно-технической информации при реализации механизмов инновационного развития // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2016. № 5 (25). С. 104–109. EDN XAENMX.

12. Батенков К.А., Фокин А.Б. Анализ надежности телекоммуникационных сетей, поддерживающих механизмы защитного переключения и восстановления для одного основного маршрута // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2023. № 65. С. 58–68. DOI: 10.17223/19988605/65/6. EDN XFWQSO.

13. Параев Ю.И., Колесникова С.И., Цветницкая С.А. Управление роботом-манипулятором в условиях неопределенности // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2021. № 57. С. 4–12. DOI: 10.17223/19988605/57/1. EDN NHRMLU.

14. Кощеева Е.О., Ляпина С.Ю. Проблемы принятия решений о реализации технологических инноваций на транспорте // Мир транспорта. 2021. Т. 19. № 4 (95). С. 92–101. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-4-10. EDN RFPTEF.

15. Попова Т.А., Попов А.П. Формализованный подход к оптимальному внедрению комплекса технических средств // Мир транспорта. 2021. Т. 19. № 3 (94). С. 45–52. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-3-5. EDN PVVHQX.

REFERENCES

1. Astaf'ev A.V., Popkova A.M., Tsarenko A.I., Yakubovskaya A.V., Lakhina K.Sh. et al. Integrated intelligent security system for transport infrastructure facilities. *Bulletin of Transport*. 2021;1:39-42. EDN KKBWPWM. (In Russ.).

2. Ivashevsky M.R. Video surveillance systems for railway transport. *World of Transport and Transportation*. 2019;17(5):(84):298-314. DOI: 10.30932/1992-3252-2019-17-5-298-314. EDN NSTKCT. (In Russ.).

3. Moskaleva L.M., Tur O.E. Analysis of improving the traffic safety system. *Safety of transport and complex technical systems through the eyes of young people. Materials of the All-Russian Youth scientific and practical conference.* 2018;125-128. EDN XUCYZV. (In Russ.).
4. Klochkov E.A., Petukhov V.F. Train safety. *Current problems of the development of the transport complex in the digital economy: materials of the III International Student Scientific and Practical Conference.* 2021;82-84. EDN WMALWT. (In Russ.).
5. Lyovin B.A., Abanin S.G., Zhelezov M.M., Kuznetsov M.V. Transportation safety management for transport system in Russia. *World of Transport and Transportation.* 2018;16(6):(79):168-175. EDN YTFTAT. (In Russ.).
6. Semenov D. Improving efficiency of safety and reliability in railway transport. *Transport business of Russia.* 2017;3:102-104. EDN ZDGPXR. (In Russ.).
7. Sukhov F.I., Popov V.G., Bolandova Yu.K., Asmankin E.G. Safety management and safety culture in transport. *Proceedings of Petersburg Transport University.* 2019;16(4):611-619. DOI: 10.20295/1815-588X-2019-4-611-619. EDN BVJCYU. (In Russ.).
8. Zuev G.A. Operational experience and maintenance technology of GALS R and MALS. *Automation, Communications, Computer Science.* 2013;11:4-7. EDN RQOGMJ. (In Russ.).
9. Miroshkin I.V., Dolganyuk S.I., Polevsky I.S. The MALS system at the Chelyabinsk-Main station. *Automation, Communications, Computer Science.* 2015;9:2-5. EDN UEKIHZ. (In Russ.).
10. Zamyshlyayev A.M., Kalinin A.V., Dolganyuk S.I. The MALS system: tasks and prospects. *Automation, Communications, Computer Science.* 2016;10:30-33. EDN WMQLZN. (In Russ.).
11. Egorova N.A., Raspopov A.A., Melnikov A.V., Bachurin A.I. System research of scientific technical information during implementation of innovative development mechanisms. *Science and Technologies: Oil and Oil Products Pipeline Transportation.* 2016;5(25):104-109. EDN XAEHMX. (In Russ.).
12. Batenkov K.A., Fokin A.B. Reliability analysis of telecommunication networks supporting protective switching and recovery mechanisms for one main route. *Bulletin of Tomsk State University. Management, computer engineering and Informatics.* 2023;65:58-68. DOI: 10.17223/19988605/65/6. EDN XFWQSO. (In Russ.).
13. Paraev Yu.I., Kolesnikova S.I., Tsvetnitskaya S.A. Control of a robot manipulator in conditions of uncertainty. *Bulletin of Tomsk State University. Management, computer engineering and Informatics.* 2021;57:4-12. DOI: 10.17223/19988605/57/1. EDN NHRMLU. (In Russ.).
14. Koshcheeva E.O., Lyapina S.Yu. Problems of decision-making in implementation of technological innovations in transport industry. *World of Transport and Transportation.* 2021;19(4):(95):92-101. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-4-10. EDN RFPTEF. (In Russ.).
15. Popova T.A., Popov A.P. A formalised approach to optimal adoption of a complex of technical means. *World of Transport and Transportation.* 2021;19(3):(94):45-52. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-3-5. EDN PVWHQX. (In Russ.).

Об авторах

Ирина Михайловна Попова — кандидат экономических наук, доцент; **Филиал Самарского государственного университета путей сообщения в г. Саратове (Филиал СамГУПС в г. Саратове);** 410004, г. Саратов, Интернациональный пр., д. 1А; impopova@mail.ru;

Виктория Владимировна Карнакова — преподаватель; **Филиал Самарского государственного университета путей сообщения в г. Саратове (Филиал СамГУПС в г. Саратове);** 410004, г. Саратов, Интернациональный пр., д. 1А; vika.ice@yandex.ru.

Bionotes

Irina M. Popova — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor; **Branch of the Samara State Transport University in Saratov;** 1A Internatsionalny pr., Saratov, 410004, Russian Federation; impopova@mail.ru;

Victoria V. Karnakova — lecturer; **Branch of the Samara State Transport University in Saratov;** 1A Internatsionalny pr., Saratov, 410004, Russian Federation; vika.ice@yandex.ru.

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Автор, ответственный за переписку: Ирина Михайловна Попова, impopova@mail.ru.

Corresponding author: Irina M. Popova, impopova@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 18.03.2024; одобрена после рецензирования 27.04.2024; принята к публикации 28.05.2024.

The article was submitted 18.03.2024; approved after reviewing 27.04.2024; accepted for publication 28.05.2024.