



Особенности строительства в условиях низких температур

Т.В. Данченко¹, А.В. Ластовка²✉^{1,2}Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются особенности строительства в условиях низких температур. В данном материале представлены ранее полученные исследования по повышению надежности металлических и железобетонных конструкций. Низкие температуры негативно сказываются на проплавлении кромок металлоизделий во время сварки. Отмечено, что в проектных организациях, на основании анализа результатов исследовательских работ и проведенных расчетов, инженеры-проектировщики закладывают стальной прокат из низколегированных, нержавеющей сталей никелевых сплавов. Применяемые материалы обладают высокой вязкостью, имеют хорошую свариваемость, сохраняют прочность в процессе изготовления конструкций и их эксплуатации. В статье авторы анализируют строительные работы в зимних условиях. Рассмотрен один из основных технологических процессов в строительстве – монтаж. Перечисляются ограничения на ведение сварочных работ и бетонирования. Указано, в каком случае идет монтаж конструкций на болтах, а в каком – на ручной дуговой сварке. Также было отмечено то, что на заводах-изготовителях металлические изделия и конструкции перед транспортировкой на строительномонтажную площадку обрабатывают защитными покрытиями. Эти технологические операции направлены на защиту от коррозии металла и сохранение тепла в зданиях. Отмечено, что при температуре ниже 5 °С на строительной площадке применяют все технологические приемы зимнего бетонирования. Для того, чтобы цемент набрал необходимую прочность потребуется больше времени, чем при $t=+20^{\circ}\text{C}$. Метод искусственного подогрева, который изложен в материале, направлен на создание прочных бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

Ключевые слова: металлические конструкции, сварка, бетонные работы, низкие температуры, стали, добавки

Для цитирования: Данченко Т.В., Ластовка А.В. Особенности строительства в условиях низких температур // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2024. Т. 14. № 3. С. 524–530. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2024-3-524-530>. EDN: RYNQWI.

Original article

Features of construction at low temperatures

Tamara V. Danchenko¹, Anatoliy V. Lastovka²✉^{1,2}Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Abstract. The present paper considers the features of construction at low temperatures and introduces the previous studies on improving the reliability of metal and reinforced concrete structures. Low temperatures adversely affect penetration of the edges of metal products during welding. Notably, design engineers consider the results of investigations and calculations, and incorporate steel products made of low-alloy, stainless steels, and nickel alloys. These materials demonstrate high viscosity, good weldability, retain strength in the process of manufacturing structures and their operation. The paper analyzes the construction works in winter conditions and considers installation as one of the main technological processes in construction. In addition, the paper lists the restrictions for welding and concreting, as well as indicates the conditions for structures to be installed using bolts or manual arc welding. Manufacturing plants are known to treat metal products and structures with protective coatings prior to transportation to the construction site. These technological operations are aimed at protecting metal from corrosion and at

retaining heat within buildings. All winter concreting techniques are indicated to be implemented on the construction site at temperatures below 5°C. Gaining the required strength of the cement needs more time in cold temperatures than at a temperature of +20°C. The method of artificial heating, presented in the paper, is intended to create durable concrete and reinforced concrete products and structures.

Keywords: metal structures, welding, concrete work, low temperatures, steels, additives

For citation: Danchenko T.V., Lastovka A.V. Features of construction at low temperatures. *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2024;14(3):524-530. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2024-3-524-530>. EDN: RYNQWI.

ВВЕДЕНИЕ

Россия – северная страна, где суровый климат, долгая полярная ночь и сильные морозы. Однако жители северных регионов справляются со всеми трудностями (рис. 1). Здесь построены большие города с развитой промышленностью. Инженеры-строители, металлурги, сварщики и химики работают над созданием новых технологий и материалов с целью ис-

ключить негативное воздействие отрицательных температур на возводимые объекты. Северные регионы объединяют одни общие проблемы в плане строительства – большие расстояния от заводов изготовителей до места монтажа, отсутствие необходимой техники для возведения фундаментов, очень низкие температуры зимой (от -45 до -60 °C), высокие снеговые и ветровые нагрузки.

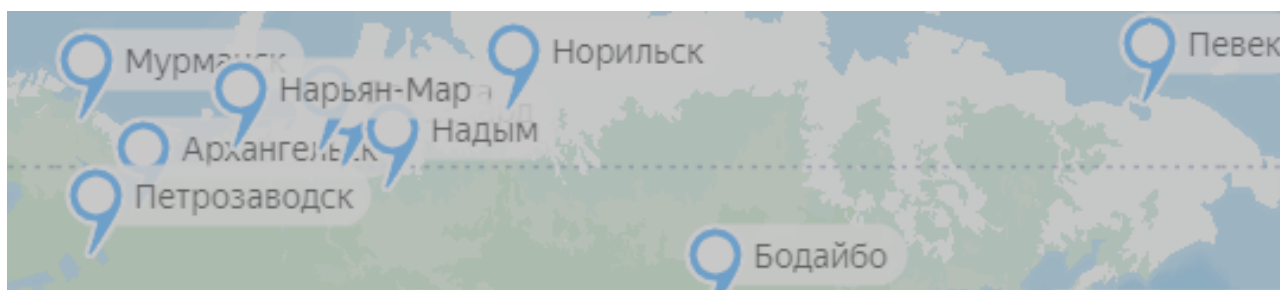


Рис. 1. Карта северных районов России
Fig. 1. Map of the northern regions of Russia

Также возникают сложности, связанные с монтажом конструкций на Севере и в Сибири, из-за глубинного промерзания почв и грунтов и вечной мерзлоты. Строить дом на ледяном панцире, который постоянно меняет свою структуру, очень сложно. Рыхлые грунты – песчаники, галечники и глины – в условиях вечной мерзлоты ведут себя самым непредсказуемым образом. Возведенные на них сооружения нагревают грунт, он теряет монолитность, начинает подтаивать и смещаться.

МЕТОДЫ

Монтажные строительные работы в основном выпадают на зимний период года. Следовательно, необходимо учитывать появления деформаций и напряжений в конструкциях. В них используются металлы с гранецентрированной кубической (ГЦК), гексагональной плотноупакованной (ГПУ) и объемно-центрированной кубической (ОЦК) решетками. Такие металлы обладают достаточной пластичностью для работы при низких (криогенных) температурах, при росте которой повышается проч-

ность. В отрицательных температурах их пластичность снижается даже при малых примесях, решетка становится хрупкой и теряет предел прочности. ГЦК – решетка сложная, имеет прочные связи между молекулами, но наличие примесей более 1 % приводит к хрупкому разрушению и имеет плохую свариваемость. Стоит отметить, что для несущих конструкций колонн и балок применяют металлы с большим количеством примесей, углеродистые стали с ОЦК решетками, сплавы алюминия и титана, такие марки стали, как С245, С285, ГОСТ 27772-2015, Ст. 09Г2С, 10ХСНД, ГОСТ19281-2014 и др.

Материалы, применяемые в конструкциях при низких температурах, должны обладать высокой вязкостью, не допускать хрупкого разрушения, иметь хорошую свариваемость, прочность, не менять свои свойства в процессе изготовления конструкции и эксплуатации [1]. Для этих целей возможно использование нержавеющей сталей, алюминиевых, медных и никелевых сплавов. Положительным влиянием

никеля на хладнотокчост является сильное измельчение микроструктуры.

Получить мелкозернистую микроструктуру возможно при термической обработке, включающей закалку и последующий отпуск.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Монтажные работы металлоконструкций в зимних условиях имеют ряд затруднений, если температура ниже -25°C : замерзает гидравлика в строительной технике, кислород и пропан в баллонах. Также люди не могут находиться на объекте более 30 мин и вынуждены отогреваться в бытовых помещениях. Кроме перечисленного, существуют ограничения на ведение сварочных работ – сварку нельзя производить при температуре ниже -30°C .

Не допускаются монтажные работы при гололедице и сильном снегопаде. Следует отметить, что технология монтажа металлических конструкций в зимнее время не отличается от

технологии при положительных температурах. Сварка осуществляется теми же методами и приемами (рис. 2). Возникает необходимость определенных работ, таких как: перед монтажом металлоконструкций нужно удалить наледь скребками и щетками, прогреть обледеневшие места до полного исчезновения следов наледи [2]. В этом случае используются газовые горелки.

Для снижения опасности производства сварочных работ нельзя применять ударные воздействия. Гибку и правку металла выполняют с предварительным его подогреванием.

Для металлических конструкций используют защитные покрытия от воздействия окружающей среды. Гидроизоляционные покрытия защищают конструкции и части здания от агрессивных вод, также это могут быть асфальтовые, битумные, цементные, пластмассовые и металлические.

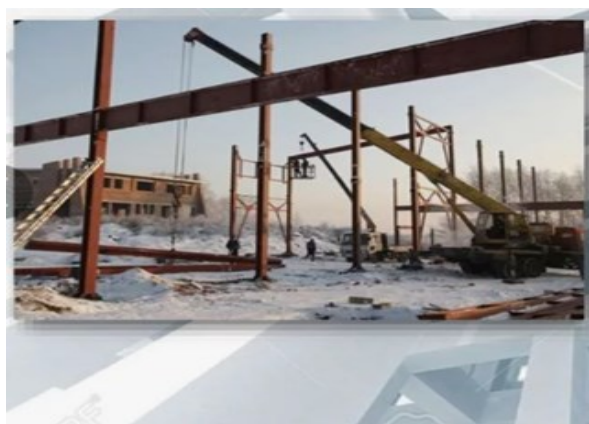


Рис. 2. Монтаж металлических конструкций в зимний период года
Fig. 2. Installation of metal structures in winter

Теплоизоляционные покрытия служат для защиты помещений и конструкций от потерь тепла [3–5]. В качестве теплоизоляционных материалов применяют современные материалы: шлако-, стекло- и минвату, пенополистирол и пробковые изделия, пено- и газобетон, перлит и вермикулит, древесноволокнистые

плиты и др. Чтобы не подвергать металлические конструкции разрушению под воздействием окружающей среды их покрывают антикоррозийными составами. В процессе монтажа металлоконструкций, а также для его крепления и сборки основных частей, применяется сварка.

Допускается применение на участках где исключены вибрационные нагрузки и воздействие со временем способно повредить сварной шов.

Болтовое соединение используется на труднодоступных участках, обеспечивает необходимую точность при стыковке элементов, устойчивость к вибрациям, коррозии, ударам, выдерживающим избыточное давление.

Применяются болты обычной или повышенной точности, изготовленные из марок высокопрочной стали. Монтаж на болтовых соединениях дороже сварочного шва, но имеет преимущества для стыковки деталей, подвергающихся вибрационным и другим нагрузкам. Бетонные работы в зимнее время требуют особого подхода [1].

Основная проблема – низкая температура воздуха, при которой строительные материалы и оборудование замерзают. Поэтому, при зимнем бетонировании главной задачей является не дать замерзнуть воде и другим материалам. Если заливать бетон в теплое время года (при температуре воздуха 20 °С), то за одну неделю он обретет 70 % проектной прочности. Если же температура воздуха достигает всего пяти градусов, то этот же процесс займет в 3–4 раза больше времени. Соответственно, при снижении температуры воздуха процесс гидратации цемента существенно замедляется и для того, чтобы бетон набрал необходимую прочность, потребуется больше времени [9–12]. Замерзшая вода расширяется и из-за этого увеличивается внутреннее давление.

Все это приводит к тому, что бетон становится менее прочным. Также из-за замерзшей воды появляются ледяные пленки, которые повреждают соединение между составляющими смеси.

Согласно СНиП 3.03.01 при температуре ниже пяти градусов требуется применять зимнее бетонирование. В этом случае используются несколько способов бетонирования:

- применение специальных противоморозных добавок;
- использование утеплителя для укрытия бетонной смеси;
- подогрев бетона.

Применение специальных противоморозных добавок является самым экономически выгодным и удобным способом зимнего бетонирования. Ведь при его применении не нужно тратиться на покупку дополнительного утеплителя, а также использовать термоматы для подогрева бетона [5]. Данный способ можно использовать совместно с другими методами подогрева или использовать добавки самостоятельно. Кроме противоморозных добавок в зимний период используют модификаторы. Они условно подразделяются на три группы:

1. В первую группу входят такие модификаторы, как сильные и слабые электролиты, неэлектролиты и составы органического происхождения – карбамид и многоатомные спирты. Они либо немного ускоряют, либо слабо замедляют процесс застывания бетона.

2. Во вторую группу входят «зимние» добавки, которые созданы на основе хлорида кальция. Они позволяют значительно ускорить схватывания бетонной смеси, застывания и обладают антифризными свойствами.

3. К третьей группе относятся вещества, у которых антифризные свойства слабо выражены, но при их использовании бетонная смесь быстро схватывается и твердеет. После применения такого вещества сразу после заливки выделяется тепло. Такие добавки используются крайне редко (рис. 3).



Рис. 3. Применение специальных противоморозных добавок
Fig. 3. Application of special antifreeze additives

Действия, которые увеличивают результативность использования противоморозных веществ

Главной задачей модификаторов является запуск процесса застывания смеси и при этом снижение температуры замерзания жидкой фазы. Однако для наилучшего результата вместе с применением противоморозных веществ параллельно требуется проделать несколько действий. Для того чтобы внутри бетонной смеси образовалось тепло, нужно предварительно подогреть ее составляющие. Для сохранения тепла, после завершения процесса укладки, смесь нужно укрыть матами. В зимнее время использовать высокомарочный быстротвердеющий цемент и портландцементы, ни в коем случае не следует использовать заполнители, которые подверглись заморозке.

Следует помнить, что процесс изготовления смеси зимой отличается от лета [6, 7]. Если при летней температуре воздуха все компоненты будущего бетона складываются одновременно в бетономешалку с водой, то зимой порядок совсем другой. Чтобы избежать заваривания цемента, следует придерживаться определенного порядка добавления составляющих бетона: залить в барабан воду, после засыпать крупный заполнитель, далее все хорошо перемешать (сделать несколько оборо-

тов барабана) и добавить песок и цемент. Доставка готовой смеси должна производиться в теплой машине. У нее должно быть двойное днище. При погрузке и выгрузке смеси не должно быть ветра. При работе с цементом необходимо работать в ускоренном режиме.

Искусственный подогрев бетона

Смысл данного метода заключается в том, что внутри бетона создается определенная температура, и она удерживается на максимально допустимой величине до тех пор, пока бетонная смесь не обретет нужную прочность.

При использовании данного способа в ход идет тепло, которое выделяется при пропускании электрического тока через смесь. Для подведения электротока используются электроды (рис. 4). Пластины прикрепляют к опалубке, которая соприкасается с бетоном, а после подсоединяют к разным фазам сети [7, 8]. Между противоположными электродами происходит токообмен и происходит нагревание всей бетонной конструкции. При контактом нагреве в ход идет тепло, которое выделяется в проводнике, когда по нему проходит электроток. При инфракрасном нагреве лучи преобразуются в тепло, когда их поглощает тело. Данные рекомендации помогут в зимний период года создать прочные бетонные и железобетонные конструкции.



Рис. 4. Электрообогрев бетона
Fig. 4. Electric heating of concrete

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возведение металлоконструкций в условиях низких температур имеет свои особенности на протяжении всего периода монтажа. Это касается работ связанных со строительством фундаментов, а также возведения каркасов зданий. Параметры выбора материалов и марок сталей зависят от климатической зоны

строительства объекта. Следовательно, меняется технология выполнения работ. Сварочные работы проводят ручной дуговой сваркой и определенными электродами. Специфика строительства требует дополнительных затрат как для металлических изделий, так и для железобетонных фундаментов, которые зависят от состава грунта. Чтобы избежать проседания

фундамента есть определенные способы заморозки основания грунтов. Металлические конструкции обладают индустриальностью изготовления. На специализированных заводах есть возможность наладить поточные линии для автоматизированного производства. Есть плюсы монтажных работ зимой. Выгодно покупать не только строительные материалы, но и

металлоконструкции, т. к. производители снижают цены. Количество клиентов на разработку проекта и изготовление снижается, организации предлагают клиентам скидки. Монтажные работы в зимний период имеют преимущества в сравнении с летним сезоном, еще и потому, что нет грязи размытых дорог, а снежные заносы легко почистить.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ершов М.Н., Бабий И.Н., Менеилук И.А. Анализ технологических особенностей применения фасадных систем теплоизоляции // *Технология и организация строительного производства*. 2015. № 4–1. С. 43–47. EDN: TQTXBB.
2. Лapidус А.А., Говоруха П.А. Организационнотехнологический потенциал ограждающих конструкций многоэтажных жилых зданий // *Вестник МГСУ*. 2015. № 4. С. 143–149. EDN: TPKOUB.
3. Данилов Н.Д., Шадрин В.Ю., Павлов Н.Н. Прогнозирование температурного режима угловых соединений наружных ограждающих конструкций // *Промышленное и гражданское строительство*. 2010. № 4. С. 20–22. EDN: LMCCZH.
4. Алешина Т.А. Строительство на мерзлоте: опыт и новшества // *Сибирский форум: интеллектуальный диалог*. 2010. Режим доступа: <https://sibforum.sfu-kras.ru/node/106>. (дата обращения: 10.09.2024).
5. Поросенкова К.В., Пучков М.В. Проектирование нового города в экстремальных условиях крайнего севера // *Архитектон: известия вузов*. 2011. № 2 (34). Режим доступа: http://archvuz.ru/2011_22/48 (дата обращения: 10.09.2024).
6. Овчинникова Т.С., Маринин А.Н., Овчинников И.Г. Коррозия и антикоррозийная защита железобетонных мостовых конструкций // *Интернет-журнал «Науковедение»*. 2014. № 5 (24). С. 1–11. EDN: TKELFZ.
7. Топчий Д.В., Токарский А.Я. Концепция контроля качества организации строительных процессов при проведении строительного надзора на основе использования информационных технологий // *Вестник евразийской науки*. 2019. Т. 11. № 3. С. 1–9. EDN: BWLDSN.
8. Qi Chunping, Dam-Johansen K., Weinell C.E., Bi Huichao, Wu Hao Enhanced Snticorrosion Performance of Zinc Rich Epoxy Coatings Modified with Stainless Steel Flakes // *Progress in Organic Coatings*. 2022. Vol. 163. P. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2021.106616>.
9. Horszczaruk E., Mijowska E., Kalenczuk R.J., Aleksandrak M., Mijowska S. Nanocomposite of Cement/Grapheme Oxide-Impact on Hydration Kinetics and Young's Modulus // *Construction and Building Materials*. 2015. Vol. 78. P. 234–242. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.12.009>.
10. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. М.: Бастет. 2009. 766 с.
11. Подольский В.И. Железобетонные опоры контактной сети. Конструкции, эксплуатация, диагностика: монография. М.: Интекст, 2007. 152 с. EDN: VLZZPH.
12. Щербань Е.М., Стельмах С.А., Ванян С.С., Евсюков К.К., Зарецкий А.В., Коржаева Е.Э. Особенности изменения прочностных и деформативных характеристик обычного и модифицированного центрифугированных бетонов при циклическом замораживании и оттаивании // *Вестник Евразийской науки*. 2019. Т. 11. № 6. С. 1–9. EDN: VUKISA.

REFERENCES

1. Ershov M.N., Babii I.N., Meneilyuk I.A. Analysis of The Technological Features of Application of Facade Systems Insulation. *Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva*. 2015;4–1:43-47. (In Russ.). EDN: TQTXBB.
2. Lapidus A.A., Govorukha P.A. Organizational and Technological Potential of Enveloping Structures of Multi-Storeyed Residential Buildings. *Monthly Journal on Construction and Architecture*. 2015;4:143-149. (In Russ.). EDN: TPKOUB.
3. Danilov N.D., Shadrin V.I., Pavlov N.N. Forecasting of A Temperature Regime of Corner Joints of External Enclosing Structures. *Industrial and Civil Engineering*. 2010;4:20-22. (In Russ.). EDN: LMCCZH.
4. Aleshina T.A. Construction on Permafrost: Experience and Innovations. *Sibirskii forum: intellektual'nyi dialog*. 2010. Available from: <https://sibforum.sfu-kras.ru/node/106>. [Accessed 10th September 2024]. (In Russ.).
5. Porosenkova K.V., Puchkov M.V. Designing a New City in The Extreme Conditions of The Far North. *Architecton: Proceedings of Higher Education*. 2011;2(34). Available from: http://archvuz.ru/2011_22/48. [Accessed 10th September 2024]. (In Russ.).

6. Ovchinnikova T.S., Marinin A.N., Ovchinnikov I.G. Corrosion and Corrosion Protection of Reinforced Concrete Bridge Structures. *Internet-zhurnal «Naukovedenie»*. 2014;5(24):1-11. (In Russ.). EDN: TKELFZ.
7. Topchiy D.V., Tokarskiy A.Ya. The Concept of Quality Control of the Organization of Construction Processes During Construction Supervision Through the Use of Information Technology. *The Eurasian Scientific Journal*. 2019;11(3):1-9. (In Russ.). EDN: BWLDSN.
8. Qi Chunping, Dam-Johanssen K., Weinell C.E., Bi Huichao, Wu Hao Enhanced Anticorrosion Performance of Zinc Rich Epoxy Coatings Modified with Stainless Steel Flakes. *Progress in Organic Coatings*. 2022;163:1-12. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2021.106616>.
9. Horszczaruk E., Mijowska E., Kalenczuk R.J., Aleksandrak M., Mijowska S. Nanocomposite of Cement/Graphene Oxide-Impact on Hydration Kinetics and Young's Modulus. *Construction and Building Materials*. 2015;78:234-242. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.12.009>.
10. Baikov V.N., Sigalov E.E. *Reinforced Concrete Structures*. Moscow: Bastet. 2009. 766 p. (In Russ.).
11. Podol'skii V.I. *Reinforced Concrete Supports of The Contact Network. Designs, Operation, Diagnostics: Monograph*. Moscow: Intext, 2007. 152 p. (In Russ.). EDN: VLZZPH.
12. Shcherban' E.M., Stel'makh S.A., Vanyan S.S., Evsyukov K.K., Zaretskii A.V., Korzhaeva E.E. Features of Changing the Strength and Deformation Characteristics of Conventional and Modified Centrifuged Concrete During Cyclic Freezing and Thawing. *The Eurasian Scientific Journal*. 2019;11(6):1-9. (In Russ.). EDN: VUKISA.

Информация об авторах**Information about the authors**

Ластовка Анатолий Васильевич,
к.т.н., доцент, доцент кафедры строительных
конструкций и управляемых систем,
Сибирский федеральный университет,
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82А,
Россия,
e-mail: last_pro@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0751-1631>
Author ID: 1230823

Anatoliy V. Lastovka,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Associate
Professor of the Department of Building Structures
and Controlled Systems,
Siberian Federal University,
82A Svobodny pr., Krasnoyarsk 660041, Russia,
e-mail: last_pro@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0751-1631>
Author ID: 1230823

Данченко Тамара Владимировна,
старший преподаватель кафедры
изобразительное искусство
и компьютерная графика,
Сибирский федеральный университет,
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82А,
Россия,
✉e-mail: danchenko.toma@internet.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8146-6608>
Author ID: 901334

Tamara V. Danchenko,
Senior Lecturer
of the Department of Fine Arts and Computer
Science Graphics,
Siberian Federal University,
82A Svobodny pr., Krasnoyarsk 660041,
Russia,
✉e-mail: danchenko.toma@internet.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8146-6608>
Author ID: 901334

Вклад авторов**Contribution of the authors**

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов**Conflict of interests**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Информация о статье**Information about the article**

Статья поступила в редакцию 15.07.2024.
Одобрена после рецензирования 29.07.2024.
Принята к публикации 31.07.2024.

The article was submitted 15.07.2024.
Approved after reviewing 29.07.2024.
Accepted for publication 31.07.2024.