

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ПУСТОТНЫХ ПЛИТ

А.А. Мельник[✉], А.Х. Байбурина, М.А. Никитенко
Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия
[✉]melnikaa@susu.ru

Аннотация. В статье рассматриваются особенности устройства монолитных пустотных плит в условиях строительной площадки. Обоснована актуальность данной технологии: для удаленных от предприятий стройиндустрии объектов, для плит, имеющих нестандартную форму, применимых в зданиях с уникальными архитектурно-планировочными решениями, при отсутствии подъездных путей и возможности установить необходимые грузоподъемные механизмы.

На основе технологических и конструктивных решений предложена классификация монолитных пустотных плит: монолитные пустотные плиты с трубами или вкладышами в теле (МППТ); монолитные пустотные плиты с неизвлекаемыми локальными пустотообразователями (МППЛ), монолитные пустотные плиты в виде оболочек (МППО), польевые композитные плиты (МППК).

Рассмотрена технология устройства монолитных пустотных плит разных типов, проведен анализ преимуществ и недостатков применения данной технологии.

Ключевые слова: монолитные пустотные плиты, пустотообразователи, опалубка сводов и пустотелых конструкций

Для цитирования. Мельник А.А., Байбурина А.Х., Никитенко М.А. Технологические и конструктивные решения монолитных пустотных плит // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2025. Т. 25, № 4. С. 63–68. DOI: 10.14529/build250407

Original article
DOI: 10.14529/build250407

TECHNOLOGICAL AND DESIGN SOLUTIONS FOR MONOLITHIC HOLLOW SLABS

A.A. Melnik[✉], A.Kh. Baiburin, M.A. Nikitenko
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia
[✉]melnikaa@susu.ru

Abstract. The article discusses the features of the device of monolithic hollow slabs in the conditions of a construction site. The relevance of this technology is substantiated: for objects that are remote from construction industry enterprises, for slabs that have a non-standard shape, which are applicable in buildings with unique architectural and planning solutions, in the absence of access roads and the possibility of installing the necessary lifting mechanisms.

Based on technological and design solutions, a classification of monolithic hollow slabs has been proposed: monolithic hollow slabs with pipes or inserts in the body (MPPT); monolithic hollow slabs with non-removable local void-forming elements (MPPL), monolithic hollow slabs in the form of shells (MPPO), and hollow composite slabs (MPPK).

The article discusses the technology of constructing different types of monolithic hollow slabs and analyzes the advantages and disadvantages of using this technology.

Keywords: monolithic hollow slabs, hollow formers, formwork for vaults and hollow structures

For citation. Melnik A.A., Baiburin A.K., Nikitenko M.A. Technological and design solutions for monolithic hollow slabs. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2025;25(4):63–68. (in Russ.). DOI: 10.14529/build250407

Введение

Технология устройства монолитных пустотных плит (далее – МПП) непосредственно на строительной площадке более сложна, чем изготовление многопустотных плит в опалубке или методом полусухого формования в заводских условиях. Для выполнения этих процессов на объекте требуется высокая квалификация персонала, необходимая материальная база и отложенная система строительного контроля.

Данная технология может использоваться в случаях, когда плиты имеют нестандартную форму, большие пролеты, уникальные архитектурно-планировочные решения, отсутствуют подъездные пути крана или нет возможности обеспечить зону его действия с заданной грузоподъемностью, в связи с удаленностью заводов стройиндустрии транспортировка заводских плит нецелесообразна.

Описание решений МПП

и их классификация

По технологии и конструктивным решениям предложено классифицировать МПП следующим образом:

- 1) МПП, формируемые на объекте с помощью укладываемых в тело плиты труб или вкладышей (далее – МППТ) между нижней и верхней арматурной сеткой, например, трубчатых картонно-полиэтиленовых пустотообразователей [1], для формирования пустот по длине плиты с определенным шагом [2] (рис. 1) либо вкладышей из экструзионных материалов прямоугольных или полых герметичных коробов, а также могут использоваться и пневмобаллоны;
- 2) МПП, изготавливаемые на месте установки с применением изготовленных в заводских условиях неизвлекаемых локальных пустообразо-

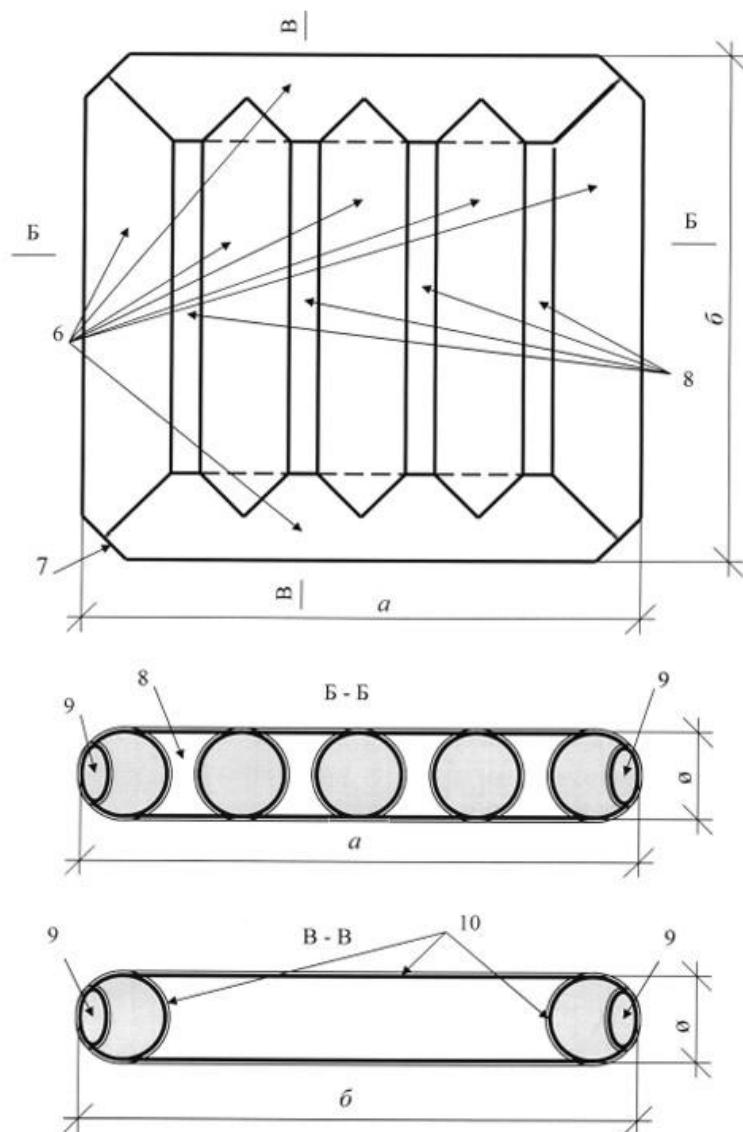


Рис. 1. Изготовление МПП с применением трубчатых картонно-полимерных пустотообразователей

вателей (далее МППЛ), например, из полимерных материалов – замкнутых сфер, цилиндров или кубов, размещаемых с определенным шагом по длине и ширине плиты между верхней и нижней арматурной сеткой (рис. 2) [3–5];

3) МПП в виде оболочек (далее МППО), пустоты которых образуются за счет применения вкладышей, граничащих с опалубкой, а не с нижней арматурной сеткой, изготовленных из экструзионных материалов, герметичных опалубочных ящиков, либо легкого бетона [6] (рис. 3);

4) предлагаемые исследователями из КНР бетонные «полые» композитные плиты [7], в которых комбинируется сборный несущий слой из армированного бетона с арматурными выпусками и монолитный слой из легких бетонов (далее – МППК); с помощью омоноличивания с уложенной верхней сеткой достигается совместная работа конструкций (рис. 4) [7]. В связи с трудоемкостью и сложностью изготовления подобной конструкции в дальнейшем в данной статье МППК рассматриваться не будут.

Описание технологии устройства МПП

В технологии устройства МПП можно выделить следующие этапы:

а) сборка и установка в проектное положение опалубки перекрытия с использованием в качестве несущих конструкций балочно-ригельной системы с опиранием на стойки или пространственные рамы лесов, либо опалубочные столы; производится выверка высотных отметок, проектных уклонов, по контуру плиты устанавливаются бортовая опалубка торцеобразователей;

б) укладка нижней арматурной сетки (МППТ, МППЛ), установка фиксаторов арматурного слоя, монтаж вертикальных каркасов, поддерживающих стержней, закладных деталей для устройства отверстий (МППТ, МППЛ, МППО);

в) установка пустотообразователей, которые укладывают и фиксируют в проектном положении (МППТ, МППЛ) с помощью бетонных подкладок и вязальной проволокой толщиной 1–1,5 мм, закрепляемой к нижней, а затем и к верхней арматуре каркасов [1, 2], для пневмобаллонов до их уста-



Рис. 2. Изготовление МППЛ с использованием локальных пустотообразователей

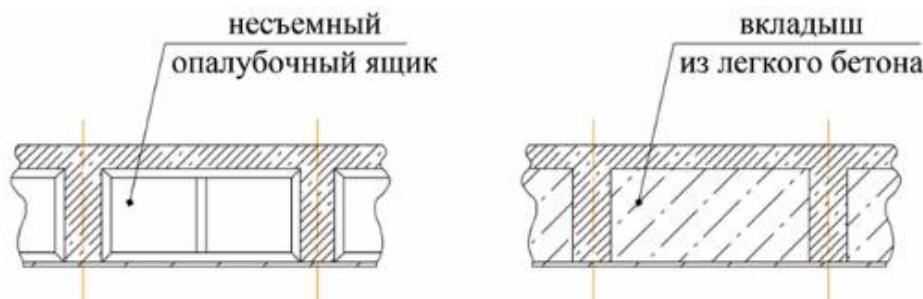


Рис. 3. МППО с несъемными опалубочными ящиками и вкладышами

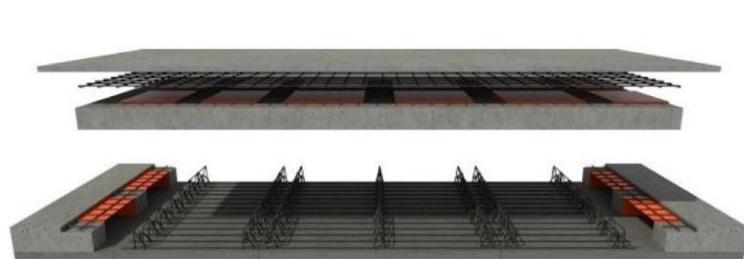


Рис. 4. МППК с комбинацией сборного несущего слоя с арматурными выпусками и монолитного облегченного заполнения

новки производят их заполнение воздухом или газом до требуемого давления; при устройстве МППО пустотообразователи закрепляют непосредственно к опалубке; восприятие поперечных усилий вблизи опор и предотвращение продавливания плит на опорах от давления вышележащих вертикальных несущих конструкций обеспечивают расстояния от опор в соответствии с проектом, но не менее толщины плиты;

г) устройство верхней арматурной сетки, предусмотренной проектом, с ее фиксацией в проектном положении;

д) послойное бетонирование конструкции с использованием глубинных и площадочных вибраторов, избегая их контакта с пустотообразователями;

е) уход за бетоном, создание необходимых температурно-влажностных условий для набора требуемой прочности;

ж) демонтаж опалубки после набора бетоном требуемой прочности 70 % для плит пролетом до 6 м, 80 % – для пролетов более 6 м [8], а также в случае использования пневмобаллонов (МППТ) – их опустошение и извлечение; несъемные элементы образования пустот остаются в составе конструкции.

Для разработки рекомендаций по расчету и конструированию МПП, совершенствованию нормативной базы ведутся активные исследования и обоснование расчетных моделей [9–13], что позволит данной технологии найти более широкое применение. Заслуживает внимания исследование вопросов, связанных увеличением сейсмостойкости возводимых с использованием данного решения зданий за счет облегчения конструкций перекрытий [14].

Результаты

Преимущества устройства МПП:

- возможность создания пустотных плит сложной геометрической формы;
- возможность перекрытия больших пролетов: устройство монолитных железобетонных пустотных плит перекрытий, опирающихся по контуру с расчетными пролетами до 12 м [1, 2];
- уменьшение веса плиты относительно монолитной на 30–40 % [2, 4, 6], дает экономию также на вертикальных несущих конструкциях и фундаментах;
- снижение расхода арматуры до 24 % [4] за счет использования армирования аналогичного армированию монолитных кессонных плит перекрытия с добавлением арматуры нижней полки и отдельных хомутов, уменьшение расхода бетона на 19 % и более [4];
- уменьшение грузоподъемности применяемых кранов по сравнению с монтажом сборных железобетонных плит;
- отсутствие швов между плитами как в сборных перекрытиях.

Недостатки устройства МПП:

- высокая трудоемкость: сложный и длительный процесс установки и фиксации пустотообразователей и последующего «деликатного» бетонирования;
- дорогостоящие одноразово применяемые пустотообразователи;
- сложность и высокая стоимость контроля за точным позиционированием пустотообразователей и отсутствием дефектов (раковин в теле плиты, смещений пустотообразователей) без разрушающего контроля или специальных методов (например, ультразвуковых);
- риск повреждения пустотообразователей, в том числе при сварочных работах и от механических воздействий при укладке бетона и его уплотнении;
- риск всплытия пустотообразователей из экспрессионных блоков и надувных пневмоэлементов при недостаточной их анкеровке;
- сложность демонтажа пневмобаллонов и опалубки, к которой закреплялись пустотообразователи (МППО);
- высокие требования к квалификации рабочих и ИТР, сотрудникам строительного контроля;
- индивидуальность расчетов, отсутствие действующих норм, обоснование проектных решений за счет выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Заключение

1. Предложена классификация монолитных пустотных плит по технологическим и конструктивным решениям.

2. Технология устройства МПП позволяет получать конструкции нестандартной конфигурации пролетом до 12 м, при этом их масса на 30–40 % ниже полнотелых монолитных плит, меньше расход арматуры и бетона.

3. За счет снижения массы МПП уменьшаются нагрузки на несущие конструкции и фундамент здания, что позволяет улучшить экономические показатели проекта, а также сейсмостойкость.

4. Устройство МПП на объекте требует дополнительных материальных затрат на пустотообразователи, повышает сложность и трудоемкость процесса изготовления конструкций относительно сплошных монолитных, сопряжено со значительными рисками возникновения дефектов и снижения качества.

5. Применение МПП оправданно, когда другие варианты (серийные сборные пустотные плиты, сплошные монолитные перекрытия, сборно-монолитные системы) экономически нецелесообразны. Решение об использовании МПП должно приниматься после проектирования, сопряженного с обоснованием методов расчета и технико-экономической оценкой, наличием высококвалифицированных исполнителей и оснастки.

6. В большинстве случаев заводские пустотные плиты при наличии в транспортной доступности заводов-изготовителей или сплошные

монолитные перекрытия с учетом дефицита квалифицированных рабочих кадров являются более эффективными.

Список литературы

1. Pushkarev B.A., Burenina N.B. Method of manufacturing reinforced concrete floor slabs using non-removable void formers // Journal of Physics: Conference Series: II International Scientific Conference on Metrological Support of Innovative Technologies (ICMSIT II-2021). 2021. Vol. 1889, p. 22014.
2. Патент № 2664087 С2 Российская Федерация, МПК B28B 1/44, E04C 2/00, B28B 7/28. Способ непрерывного изготовления монолитных железобетонных опирающихся по контуру пустотных плит перекрытий с применением неизвлекаемых трубчатых картонно-полиэтиленовых пустотообразователей: № 2017102030: заявл. 23.01.2017: опубл. 15.08.2018 / Б.А. Пушкарев.
3. Butska O.L., Butskyi R.V., Nikiforova T.D. Modeling of a lightweight flat floor with voids made of plastic balls // Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture. 2024. Vol. 2(020), pp. 7–12.
4. Kripak V., Koliakova V., Gaidai, M. Investigation of the effectiveness of reinforced concrete monolithic overlap with hollow liners // Building Constructions. Theory and Practice. 2021. Vol. 9, pp. 15–29.
5. Тереза Е.А., Егоров П.И. Монолитные плиты перекрытия с пустотообразователями различной формы // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2015. № 1. С. 335–338.
6. Малахова А.Н. Пустотные кессонные плиты перекрытий монолитных многоэтажных зданий // Вестник МГСУ. 2016. № 6. С. 15–24.
7. Chen X., Ma Q. Experimental study on the flexural performance of concrete hollow composite slabs with tightly connected panel sides // Scientific Reports. 2024. Vol. 14 (1), p. 20784.
8. СП 70.1330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. М.: Минстрой России, 2020. 229 с.
9. Ovchinnikova S.V., Schneider E.M., Kukinova G.V. Application of the software package in the improvement of floors made of hollow core slabs // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Scientific Conference «Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development». 2021. Vol. 1083, p. 012045.
10. Абаев З.К., Базаев А.Р., Есенов З.К. Методика проектирования монолитной многопустотной плиты с использованием ПК ЛИРА-САПР // Современные научно-технические и социально-гуманитарные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: Сборник докладов II Всероссийской научно-практической конференции. Владикавказ. 2021. С. 10–14.
11. Поляков Д.А. Многопустотная монолитная железобетонная плита перекрытия: особенности проектирования и строительства // Сборник статей магистрантов и аспирантов строительного факультета. В 2 т. СПб.: СПбГАСУ, 2024. С. 141–147.
12. Овчинникова С.В. Прикладные аспекты применения расчетного комплекса для моделирования многопустотного монолитного перекрытия // Инженерный вестник Дона. 2021. № 12 (84). С. 268–275.
13. Завьялова О.Б., Неделько Д.А. Анализ прочностных характеристик пустотных монолитных перекрытий // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования: материалы V Национальной научно-практической конференции с международным участием, приуроченной ко Дню российской науки, Астрахань, 08–09 февраля 2022 года. Т. 5. Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2022. С. 78–81.
14. Смирнов В.И., Чупанов М.Р. Исследование сейсмостойкости зданий с монолитными пустотными дисками перекрытия, устраиваемыми в построенных условиях // Вестник НИЦ «Строительство». 2014. № 11. С. 50–54.

References

1. Pushkarev B.A., Burenina N.B. Method of manufacturing reinforced concrete floor slabs using non-removable void formers. *Journal of Physics: Conference Series: II International Scientific Conference on Metrological Support of Innovative Technologies (ICMSIT II-2021)*, 2021, vol. 1889, p. 22014.
2. Pushkarev B.A. Sposob nepreryvnogo izgotovlenija monolitnyh zhelezobetonnyh opirajushchihsja po konturu pustotnyh plit perekrytij s primeneniem neizvlekaemyh trubchatyh kartonno-polijetilenovyh pustotoobrazovatelej [Method of continuous production of monolithic reinforced concrete hollow floor slabs supported along the contour using non-removable tubular cardboard-polyethylene hollow formers]. Patent RF no RU 2664087C2, MPK B28B 1/44, E04C 2/00, B28B 7/28. № 2017102030; application 23.01.2017. published 15.08.2018 (in Russ.)
3. Butska O.L., Butskyi R.V., Nikiforova T.D. Modeling of a lightweight flat floor with voids made of plastic balls. *Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture*, 2024, vol. 2(020), pp. 7–12.
4. Kripak V., Koliakova V., Gaidai M. Investigation of the effectiveness of re-inforced concrete monolithic overlap with hollow liners. *Building Constructions. Theory and Practice*, 2021, vol. 9, pp. 15–29.

5. Tereza E.A., Egorov P.I. [Monolithic floor slabs with various-shaped voids]. *Dal'nij Vostok: problemy razvitiya arhitekturno-stroitel'nogo kompleksa* [Far East: Problems of Architectural and Construction Complex Development], 2015, no. 1, pp. 335–338.
6. Malahova A.N. [Hollow caisson floor slabs for monolithic multi-storey buildings]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of the MGSU], 2016, no. 6, pp. 15–24. (in Russ.)
7. Chen X., Ma Q. Experimental study on the flexural performance of concrete hollow composite slabs with tightly connected panel sides. *Scientific Reports*, 2024, vol. 14 (1), p. 20784.
8. SP 70.13330.2012. *Nesushhie i ogranizhdajushhie konstrukcii. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 3.03.01-87* [Set of Rules 70.13330.2012. Load-bearing and protective structures. Updated version of SNiP 3.03.01-87]. Moscow: Minstrost Rossii; 2020. 229 p. (in Russ.)
9. Ovchinnikova S.V., Schneider E.M., Kukinova G.V. Application of the soft-ware package in the improvement of floors made of hollow core slabs. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Scientific Conference “Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development”*. 2021, vol. 1083, p. 012045.
10. Abaev Z.K., Bazoev A.R., Esenov Z.K. [Methodology for designing a monolithic multi-hole slab using the LIRA-SAPR PC]. In: *Sovremennye nauchno-tehnicheskie i social'no-gumanitarnye issledovaniya: aktual'nye voprosy, dostizhenija i innovacii: Sbornik dokladov II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Modern scientific, technical, and social-humanitarian research: current issues, achievements, and innovations: collection of papers from the II All-Russian scientific and practical conference]. Vladikavkaz, 2021, pp. 10–14. (in Russ.)
11. Poljakov D.A. [Multi-hole monolithic reinforced concrete floor plate: design and construction features]. In: *Sbornik statej magistrantov i aspirantov stroitel'nogo fakul'teta: v 2 t.* [Collection of works: collection of articles by master's and postgraduate students of the faculty of construction: in 2 volumes]. St. Petersburg: SPbGASU, 2024, pp. 141–147. (in Russ.)
12. Ovchinnikova S.V. [Applied aspects of using a computational complex for modeling multi-void monolithic floors]. *Inzhenernyj vestnik Doma* [Engineering Journal of Don], 2021, no. 12(84), pp. 268–275. (in Russ.)
13. Zav'jalova O.B., Nedel'ko D.A. [Analysis of the strength characteristics of hollow monolithic floors]. *Innovacionnoe razvitiye regionov: potencial nauki i sovremennoe obrazovaniye: materialy V Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, priуроchennoj ko Dnu rossijskoj nauki, Astrahan', 08–09 fevralja 2022 goda* [Innovative Development of Regions: The Potential of Science and Modern Education: Proceedings of the V National Scientific and Practical Conference with International Participation, Dedicated to the Day of Russian Science, Astrakhan, February 8–9, 2022]. Astrakhan, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, 2022, vol. 5, pp. 78–81. (in Russ.)
14. Smirnov V.I., Chupanov M.R. [Study of the seismic resistance of buildings with monolithic hollow floor discs installed in construction conditions]. *Vestnik NITS “Stroitel'stvo”* [Bulletin of NITS Construction], 2014, no. 11, pp. 50–54. (in Russ.)

Информация об авторах:

Мельник Андрей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительное производство и теория сооружений», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; melnikaa@susu.ru

Байбурин Альберт Халитович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Строительное производство и теория сооружений», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; baiburinak@susu.ru

Никитенко Михаил Алексеевич, доцент кафедры «Архитектура», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; nikitenkoma@susu.ru

Information about the authors:

Andrey A. Melnik, Candidate of Engineering Science, Associate Professor at the Department of Construction Operation and Theory of Structures, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; melnikaa@susu.ru

Albert Kh. Baiburin, Doctor of Engineering Science, Associate Professor, Professor of the Department of Construction Operation and Theory of Structures, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; baiburinak@susu.ru

Mikhail A. Nikitenko, Associate Professor of the Department of Architecture, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; nikitenkoma@susu.ru

Статья поступила в редакцию 29.07.2025, принята к публикации 20.08.2025.

The article was submitted 29.07.2025, approved after reviewing 20.08.2025.