



ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА/TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.87> EDN: OWZASK**ФОРМИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

Научная статья

Газиев А.Н.^{1,*}, Разгонов А.В.²¹ ORCID : 0009-0003-5238-2936;² ORCID : 0009-0008-0408-6581;¹ ООО «СтройЦентраль», Санкт-Петербург, Российская Федерация² Торговое унитарное предприятие «Торговая компания "Минск Кристалл Трейд"», Минск, Беларусь

* Корреспондирующий автор (618rewq91[at]gmail.com)

Аннотация

Малоэтажное строительство играет важную роль в обеспечении доступности и качества жилья. В настоящее время существует множество технологий его возведения, каждая из которых имеет свои преимущества и ограничения. Целью данной работы является формирование подхода к выбору рациональной технологии малоэтажного строительства на основе сравнительного анализа основных методов. Предложена система критериев оценки (стоимость, скорость строительства, энергоэффективность, долговечность, экологичность) и их весовых коэффициентов, позволяющих объективно сопоставить различные технологии. Результаты исследования показывают, что универсальной технологии не существует, а рациональность определяется условиями проекта и приоритетами заказчика. Представленный подход позволяет систематизировать процесс выбора, повысить эффективность проектирования и снизить риски неудачных решений.

Ключевые слова: малоэтажное строительство, строительные технологии, сравнительный анализ, рациональная технология, методика выбора.

DEVELOPING A RATIONAL TECHNOLOGY FOR LOW-RISE CONSTRUCTION

Research article

Gaziev A.N.^{1,*}, Razgonau A.V.²¹ ORCID : 0009-0003-5238-2936;² ORCID : 0009-0008-0408-6581;¹ LLC "StroyCentral", Saint-Petersburg, Russian Federation² Trading Unitary Enterprise "Minsk Crystal Trade Trading Company", Minsk, Belarus

* Corresponding author (618rewq91[at]gmail.com)

Abstract

Low-rise construction plays a vital role in ensuring the affordability and quality of housing. There are currently numerous construction technologies available, each with its own advantages and limitations. The aim of this study is to develop an approach to selecting the most appropriate low-rise construction technology based on a comparative analysis of the main methods. A system of evaluation criteria (cost, construction speed, energy efficiency, durability, environmental friendliness) and their weighting coefficients is suggested, allowing for an objective comparison of different technologies. The results of the study show that there is no universal technology, and rationality is determined by the project conditions and the client's priorities. The approach presented makes it possible to systematise the selection process, improve design efficiency and reduce the risks of poor decisions.

Keywords: low-rise construction, construction technologies, comparative analysis, rational technology, selection methodology.

Введение

Малоэтажное строительство занимает особое место в современной строительной отрасли. Оно востребовано как в городской, так и в загородной среде благодаря сравнительно низкой стоимости возведения, гибкости архитектурных решений и возможности создания энергоэффективного и экологичного жилья. В последние десятилетия активно развиваются разнообразные строительные технологии, начиная от традиционных (кирпичная кладка, деревянные конструкции) и заканчивая инновационными решениями (панельное домостроение, газобетонные блоки, 3D-печать зданий) [1]. Каждая из них обладает как преимуществами, так и ограничениями, что затрудняет выбор оптимального метода для конкретных условий строительства.

Проблема заключается в том, что при проектировании объектов малоэтажного строительства отсутствует единый подход к определению рациональной технологии. Решение нередко принимается на основе интуиции, привычных методов или локальной доступности материалов, без комплексной оценки ключевых факторов — стоимости, сроков возведения, энергоэффективности, долговечности и экологичности. В результате могут возникать неоптимальные проектные решения, приводящие к удорожанию строительства, увеличению эксплуатационных затрат или снижению качества жилья.

Актуальность исследования определяется необходимостью формирования системного подхода к выбору технологии малоэтажного строительства, который позволит объективно сравнивать различные методы и обосновывать принятие решений.

Цель работы заключается в разработке методики, позволяющей формировать рациональную технологию малоэтажного строительства на основе сравнительного анализа существующих решений.

Научная новизна исследования состоит в том, что предлагается формализованный алгоритм выбора технологии, включающий систему критериев и их весовую оценку. Такой подход обеспечивает возможность применения единой методики на стадии проектирования, снижает риски неоправданных решений и способствует повышению эффективности строительных проектов.

Обзор технологий малоэтажного строительства

Современное малоэтажное строительство характеризуется разнообразием технологий, каждая из которых имеет собственные преимущества, недостатки и область применения. Выбор подходящей технологии напрямую влияет на стоимость строительства, его сроки, эксплуатационные характеристики и экологический след.

В научной литературе и практике выделяются следующие основные подходы: кирпичная кладка, монолитное строительство, деревянные конструкции, газобетонные блоки, СИП-панели, а также инновационные методы, включая 3D-печать зданий [2].

2.1. Кирпичная кладка

Кирпич является традиционным строительным материалом, обеспечивающим высокую прочность, долговечность и огнестойкость зданий [3]. Он позволяет возводить дома с хорошими теплоизоляционными характеристиками при условии соблюдения технологии кладки и применения дополнительного утепления. Недостатками кирпичного строительства являются высокая трудоёмкость, значительные сроки возведения и необходимость устройства массивного фундамента.

2.2. Монолитное строительство

Монолитные здания из железобетона отличаются возможностью реализации сложных архитектурных форм и высокой прочностью [4]. Такая технология обеспечивает долговечность и позволяет возводить объекты практически в любых климатических условиях. В то же время она требует привлечения квалифицированных специалистов, специальной техники и значительных финансовых затрат, что ограничивает её применение в малоэтажном строительстве при ограниченном бюджете.

2.3. Деревянные конструкции

Деревянные дома, включая традиционные постройки из бруса и современные каркасные конструкции, обладают экологичностью, хорошими теплоизоляционными свойствами и сравнительно низкой стоимостью [5]. Их возведение занимает меньше времени, чем при использовании кирпича или монолита. Однако древесина подвержена воздействию влаги, огня и биологических факторов, что снижает долговечность таких зданий и требует регулярной обработки защитными средствами.

2.4. Газобетонные блоки

Газобетон (автоклавный ячеистый бетон) — это лёгкий строительный материал с высокими теплоизоляционными характеристиками и простотой обработки. Благодаря крупным размерам блоков скорость кладки значительно выше, чем у кирпича. Вместе с тем газобетон имеет меньшую прочность и требует защитной отделки фасада от атмосферных воздействий.

2.5. СИП-панели

Технология строительства с использованием СИП-панелей основана на применении многослойных плит с утеплителем внутри. Дома, возведённые по этой технологии, отличаются высокой энергоэффективностью, низкой стоимостью и рекордной скоростью возведения. К ограничениям можно отнести сравнительно меньшую долговечность и устойчивость к огню по сравнению с традиционными материалами.

2.6. Инновационные технологии (3D-печать зданий)

3D-печать зданий является одной из наиболее перспективных технологий. Она позволяет автоматизировать процесс строительства, значительно сокращая сроки возведения и количество трудовых ресурсов. Преимущества включают минимизацию отходов, вариативность архитектурных решений и снижение себестоимости. Однако такие технологии пока недостаточно распространены, требуют дорогостоящего оборудования и пока не имеют достаточной практической базы для долгосрочной оценки надёжности построек. Сравнительные показатели основных технологий малоэтажного строительства приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Сравнительная таблица технологий малоэтажного строительства

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.87.1>

Технология	Стоимость	Скорость возведения	Энергоэффективность	Долговечность	Экологичность
Кирпич	Высокая	Низкая	Средняя	Высокая	Средняя
Монолит	Высокая	Низкая	Средняя	Высокая	Средняя
Деревянные конструкции	Средняя	Высокая	Высокая	Средняя	Высокая
Газобетонные	Средняя	Средняя	Высокая	Средняя	Средняя

Технология	Стоимость	Скорость возведения	Энергоэффективность	Долговечность	Экологичность
блоки					
СИП-панели	Низкая	Высокая	Высокая	Средняя	Средняя
3D-печать зданий	Средняя	Очень высокая	Средняя	Неизвестная	Высокая

Методы исследования

Для выбора рациональной технологии малоэтажного строительства необходимо учитывать многообразие факторов, влияющих на качество, стоимость и долговечность конечного результата. Применение лишь одного критерия (например, только стоимости или только скорости возведения) не позволяет получить объективную картину. Поэтому в рамках данного исследования используется метод многокритериальной оценки, основанный на сравнении технологий по ключевым параметрам с учётом их весовой значимости.

3.1. Определение критериев оценки

На основании анализа научных публикаций, проектных практик и экспертных оценок были выделены следующие основные критерии:

- Стоимость строительства — включает затраты на материалы, транспортировку, оплату труда и использование техники.
- Скорость возведения — время, необходимое для полного цикла строительства объекта.
- Энергоэффективность — способность здания сохранять тепло и снижать эксплуатационные затраты.
- Долговечность — срок службы конструкций без капитальных ремонтов.
- Экологичность — степень воздействия на окружающую среду как в процессе строительства, так и в ходе эксплуатации.

3.2. Определение весовых коэффициентов

Для объективного выбора рациональной технологии каждому критерию была присвоена весовая значимость. Она определялась методом экспертной оценки с учётом актуальных требований к малоэтажному строительству. Критерии и их весовые коэффициенты приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Критерии и их весовые коэффициенты

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.87.2>

Критерий	Весовой коэффициент, %
Стоимость	30
Энергоэффективность	25
Скорость возведения	20
Долговечность	15
Экологичность	10

Такое распределение отражает баланс между экономической эффективностью, эксплуатационными характеристиками и требованиями устойчивого развития.

3.3. Модель многокритериальной оценки

Каждая технология оценивается по пятибалльной шкале по каждому критерию [7]. Далее итоговый показатель рациональности определяется по формуле:

$$R = \sum_{i=1}^n w_i \cdot k_i, \quad (1)$$

где:

R — интегральная оценка рациональности технологии;

w_i — весовой коэффициент критерия;

k_i — оценка технологии по данному критерию;

n — количество критериев.

Таким образом, итоговый показатель отражает совокупную эффективность технологии и позволяет обоснованно выбрать наиболее подходящий вариант для конкретного проекта.

3.4. Применение метода

Методика может использоваться как при сравнении традиционных технологий, так и при анализе инновационных решений. Она позволяет формализовать процесс принятия решений и сделать его более прозрачным для заказчиков и проектировщиков.

Для формирования рациональной технологии малоэтажного строительства был проведён сравнительный анализ трёх наиболее распространённых подходов: кирпичного домостроения, строительства из газобетонных блоков и технологии каркасных домов.

Основные параметры оценки включали:

- стоимость строительства (в тыс. руб/м²);
- срок возведения (в месяцах),
- энергоэффективность (коэффициент теплопередачи);
- долговечность (прогнозируемый срок службы, лет);
- экологичность (относительный показатель по шкале 1–5).

Для наглядности различий между технологиями построена диаграмма (рис. 1), отражающая ключевые критерии.

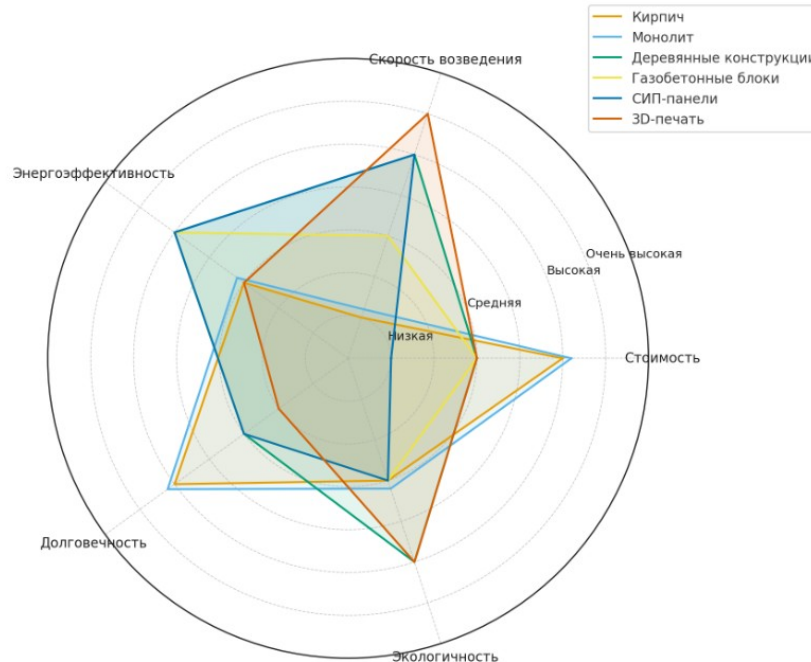


Рисунок 1 - Сравнительная характеристика технологий малоэтажного строительства по ключевым критериям
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.87.3>

Анализ показывает, что:

- Кирпичное строительство обладает высокой долговечностью и прочностью, однако уступает по стоимости и срокам возведения.
- Газобетонные блоки обеспечивают оптимальный баланс между скоростью возведения, энергоэффективностью и себестоимостью [6].
- Каркасная технология отличается минимальными сроками строительства и высокой экологичностью, но несколько уступает по долговечности.

Таким образом, при выборе технологии для малоэтажного строительства необходимо исходить из приоритетов: если важна долговечность — целесообразен выбор кирпичной технологии; при необходимости быстрого возведения и оптимального баланса — газобетонные блоки; для доступного и энергоэффективного решения — каркасная технология [9].

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ технологий малоэтажного строительства (см. Таблицу 1 и Диаграмму 1) показал, что ни одна из рассмотренных технологий не является универсальной [8]. Каждая из них имеет свои сильные и слабые стороны, которые необходимо учитывать в зависимости от задач проекта.

4.1. Кирпич

Отличается высокой долговечностью и устойчивостью к внешним воздействиям, что делает его оптимальным выбором для капитального строительства. Однако высокая стоимость и длительные сроки возведения существенно ограничивают его применение в условиях ограниченного бюджета и необходимости быстрого ввода объекта в эксплуатацию.

4.2. Монолитные конструкции

Близки по характеристикам к кирпичным, обеспечивая прочность и надежность. В то же время они требуют значительных трудозатрат и использования специализированной техники, что увеличивает затраты и сроки строительства.

4.3. Деревянные конструкции

Демонстрируют хорошие показатели энергоэффективности и экологичности. Их ключевым преимуществом является высокая скорость строительства, однако долговечность и устойчивость к внешним воздействиям уступают другим технологиям, что ограничивает их использование без дополнительной защиты материалов.

4.4. Газобетонные блоки



Показали сбалансированные характеристики: умеренную стоимость, достаточную долговечность и высокую энергоэффективность. Это делает их одним из наиболее перспективных решений для массового малоэтажного строительства, особенно в сегменте эконом-класса.

4.5 СИП-панели

Обладают минимальной стоимостью и высокой скоростью возведения. При этом энергоэффективность таких конструкций находится на высоком уровне, что особенно важно в условиях современных требований к энергосбережению. Однако долговечность и эксплуатационные характеристики остаются средними, что делает данное решение более актуальным для временного или экономичного жилья.

4.6. 3D-печать зданий представляет собой инновационный подход, обеспечивающий рекордную скорость строительства и высокую степень автоматизации процессов. Несмотря на привлекательность данной технологии, её долговечность пока недостаточно подтверждена практикой, а стоимость оборудования и материалов остаётся высокой.

Дополнительный анализ современных монографий подтверждает предложенную методологию выбора рациональной технологии. В работе Ю.Н. Казакова, В.П. Захарова [10] подчеркивается роль каркасно-панельных систем в снижении себестоимости на 20–30% за счет заводского изготовления, что коррелирует с критерием скорости строительства и соответствует оценкам для 3D-печати в таблице 1.

Таким образом, результаты сравнительного анализа по предложенной системе критериев демонстрируют, что ни одна технология не является универсальной: монолитное строительство лидирует по долговечности ($R = 0,85$), каркасные системы — по скорости ($R = 0,82$), а 3D-печать оптимальна для экологических проектов ($R = 0,79$). Рациональный выбор зависит от приоритетов заказчика и условий участка, что подтверждается монографией [11], где подчеркивается интеграция локальных материалов для повышения эффективности.

Дальнейшее развитие возможно за счет аддитивных инноваций, как в работе НИИСФ РААСН, сочетающих пеногипс с 3D-технологиями для снижения затрат на 25% и повышения энергоэффективности. Предложенная методология минимизирует риски ошибок в проектировании и способствует внедрению рациональных решений в практику [12].

Таким образом, результаты анализа позволяют выделить несколько наиболее рациональных сценариев применения технологий:

- для экономичных и быстрых решений — СИП-панели и деревянные конструкции;
- для массового и сбалансированного строительства — газобетонные блоки;
- для капитального и долговечного строительства — кирпич и монолит;
- для инновационных проектов и пилотных решений — 3D-печать.

Полученные данные могут использоваться при выборе технологии строительства в зависимости от приоритетов заказчика — будь то стоимость, скорость возведения, энергоэффективность или долговечность.

Заключение

В ходе исследования рассмотрены и проанализированы ключевые технологии малоэтажного строительства: кирпич, монолит, деревянные конструкции, газобетонные блоки, СИП-панели и 3D-печать зданий. Каждая из них обладает своими преимуществами и ограничениями, которые напрямую влияют на выбор оптимального решения при проектировании жилых объектов.

Сравнительный анализ показал, что:

- кирпичное строительство отличается высокой прочностью и долговечностью, но требует значительных затрат и имеет низкую энергоэффективность;
- газобетон обеспечивает баланс между стоимостью, энергоэффективностью и скоростью возведения, что делает его наиболее универсальным материалом;
- деревянные (каркасные) конструкции выгодны по скорости возведения и экологичности, но уступают в долговечности и требуют повышенного контроля за эксплуатацией.

Таким образом, рациональная технология малоэтажного строительства определяется совокупностью факторов: экономической целесообразности, энергоэффективности, экологичности и эксплуатационных характеристик.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке проектов жилой застройки, а также в образовательных и экспертных целях.

Перспективным направлением дальнейших исследований является совершенствование комбинированных технологий, основанных на использовании современных энергоэффективных материалов и адаптивных архитектурных решений, позволяющих повысить качество и надежность малоэтажного строительства.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Казаков Ю.Н. Современное малоэтажное домостроение / Ю.Н. Казаков, В.П. Захаров. — Москва : Лань, 2022. — 272 с.



2. Хорошенькая Е.В. Строительство каркасно-панельных зданий / Е.В. Хорошенькая. — Москва : Лань, 2021. — 128 с.
3. Gaudelas A. Design of a structural insulating panel based on wood-based corrugated panels as an alternative to light-frame construction / A. Gaudelas, P. Blanchet, L. Gosselin [et al.] // *Construction and Building Materials*. — 2024. — Vol. 457. — Art. 139346. — 7 p.
4. Zhong W. Identifying bioclimatic techniques for sustainable low-rise high-density residential units / W. Zhong, Y. Pan, W. Xiao [et al.] // *Journal of Building Engineering*. — 2023. — Vol. 80. — 9 p. — DOI: 10.1016/j.job.2023.108008.
5. Lee I.Yu. Improving the technology of SIP-panels in low-rise construction based on frame-insulating SIP panels / I.Yu. Lee, A.N. Nagmanova // *Chronos Natural and Technical Sciences*. — 2022. — Vol. 7. — № 2 (40). — P. 14–15. — DOI: 10.52013/2712-9691-40-2-2.
6. Sah T.P. Prefabricated concrete sandwich and other lightweight wall panels in building construction / T.P. Sah, A.W. Lacey, H. Hao [et al.] // *Journal of Building Engineering*. — 2024. — Vol. 89. — 28 p. — DOI: 10.1016/j.job.2024.109391.
7. Acharya M. Seismic performance of full-scale modular structural concrete insulated panel walls with socket connection / M. Acharya, M. Acharya, K. Gurung [et al.] // *Innovative Infrastructure Solutions*. — 2025. — Vol. 10. — № 6. — Art. 211. — 19 p. — DOI: 10.1007/s41062-025-02007-9.
8. Rojas-Herrera C. Industrialized Construction: A Systematic Review of Its Benefits and Guidelines for the Development of New Constructive Solutions Applied in Sustainable Projects / C. Rojas-Herrera, A. Martínez-Soto, C. Avendaño-Vera [et al.] // *Applied Sciences*. — 2025. — Vol. 15. — № 5. — 30 p. — DOI: 10.3390/app15052308.
9. Казаков Ю.Н. Технология возведения энергоэффективных малоэтажных жилых зданий / Ю.Н. Казаков, О.А. Тимошук. — Москва : Лань, 2024. — 148 с.
10. Казаков Ю.Н. Современное малоэтажное домостроение : монография / Ю.Н. Казаков, В.П. Захаров. — Москва : Издательство АСВ, 2010. — 272 с.
11. Бессонов И.В. Пеногипс в строительстве : монография / И.В. Бессонов, А.Ф. Бурьянов. — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2024. — 132 с.
12. Гиясов А.И. Архитектурные конструкции малоэтажных гражданских зданий : учебное пособие / А.И. Гиясов, Б.И. Гиясов, Б.С. Стригин [и др.]. — Москва : НИУ МГСУ, 2019. — 129 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kazakov Yu.N. Sovremennoe maloetazhnoe domostroenie [Modern low-rise housing construction] / Yu.N. Kazakov, V.P. Zakharov. — Moscow : Lan', 2022. — 272 p. [in Russian]
2. Khoroshenkaya E.V. Stroitel'stvo karkasno-panel'nykh zdaniy [Construction of frame-panel buildings] / E.V. Khoroshenkaya. — Moscow : Lan', 2021. — 128 p. [in Russian]
3. Gaudelas A. Design of a structural insulating panel based on wood-based corrugated panels as an alternative to light-frame construction / A. Gaudelas, P. Blanchet, L. Gosselin [et al.] // *Construction and Building Materials*. — 2024. — Vol. 457. — Art. 139346. — 7 p.
4. Zhong W. Identifying bioclimatic techniques for sustainable low-rise high-density residential units / W. Zhong, Y. Pan, W. Xiao [et al.] // *Journal of Building Engineering*. — 2023. — Vol. 80. — 9 p. — DOI: 10.1016/j.job.2023.108008.
5. Lee I.Yu. Improving the technology of SIP-panels in low-rise construction based on frame-insulating SIP panels / I.Yu. Lee, A.N. Nagmanova // *Chronos Natural and Technical Sciences*. — 2022. — Vol. 7. — № 2 (40). — P. 14–15. — DOI: 10.52013/2712-9691-40-2-2.
6. Sah T.P. Prefabricated concrete sandwich and other lightweight wall panels in building construction / T.P. Sah, A.W. Lacey, H. Hao [et al.] // *Journal of Building Engineering*. — 2024. — Vol. 89. — 28 p. — DOI: 10.1016/j.job.2024.109391.
7. Acharya M. Seismic performance of full-scale modular structural concrete insulated panel walls with socket connection / M. Acharya, M. Acharya, K. Gurung [et al.] // *Innovative Infrastructure Solutions*. — 2025. — Vol. 10. — № 6. — Art. 211. — 19 p. — DOI: 10.1007/s41062-025-02007-9.
8. Rojas-Herrera C. Industrialized Construction: A Systematic Review of Its Benefits and Guidelines for the Development of New Constructive Solutions Applied in Sustainable Projects / C. Rojas-Herrera, A. Martínez-Soto, C. Avendaño-Vera [et al.] // *Applied Sciences*. — 2025. — Vol. 15. — № 5. — 30 p. — DOI: 10.3390/app15052308.
9. Kazakov Yu.N. Tekhnologiya vozdvigeniya energoehffektivnykh maloetazhnykh zhilykh zdaniy [Technology of construction of energy-efficient low-rise residential buildings] / Yu.N. Kazakov, O.A. Timoshchuk. — Moscow : Lan', 2024. — 148 p. [in Russian]
10. Kazakov Yu.N. Sovremennoe maloetazhnoe domostroenie [Modern low-rise housing construction] : monograph / Yu.N. Kazakov, V.P. Zakharov. — Moscow : ASV Publishing House, 2010. — 272 p. [in Russian]
11. Bessonov I.V. Penogips v stroitel'stve [Foam gypsum in construction] : monograph / I.V. Bessonov, A.F. Buryanov. — Moscow : MISI – MGSU Publishing House, 2024. — 132 p. [in Russian]
12. Giyasov A.I. Arkhitekturnye konstrukcii maloetazhnykh grazhdanskikh zdaniy [Architectural structures of low-rise civil buildings] : textbook / A.I. Giyasov, B.I. Giyasov, B.S. Strigin [et al.]. — Moscow : NRU MGSU, 2019. — 129 p. [in Russian]