

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

КАРПИНА А.И.<sup>1</sup>, ГУРИНОВИЧ В.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студент специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства»

<sup>2</sup> магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Строительные материалы и технология строительства»  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь

*В статье представлены результаты теоретического анализа эффективности модульного метода индустриального домостроения. Представлены результаты исследований объемов жилищного строительства и установлена доля возведения жилья в индустриальном исполнении в Республике Беларусь. Приведены данные объемов жилищного строительства в Европейских странах, в том числе объемы рынка индустриального домостроения в мировой строительной практике. Определены преимущества индустриального домостроения и основные сдерживающие факторы его интенсивного развития. На основе теоретического анализа литературы выполнено технико-экономическое сравнение крупнопанельного и модульного метода строительства. Основываясь на данных теоретического анализа литературы показана актуальность исследований в области эффективности модульного строительства и развития данной концепции индустриального домостроения для сокращения сроков и стоимости строительства, повышения качества работ.*

Ключевые слова: производство сборных железобетонных конструкций, индустриальное строительство, сборные железобетонные конструкции, предприятия индустриального домостроения, эффективность жилищного строительства, организация производства, модульное строительство.

## PROMISING TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL HOUSE BUILDING

KARPINA A.I.<sup>1</sup>, GURINOVICH V.Y.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> student of the specialty 1-27 01 01 «Economics and organization of production»

<sup>2</sup> Master of Technical Sciences, senior lecturer of Cathedra «Building materials and construction technology»  
Minsk, Republic of Belarus

*The article presents the results of a theoretical analysis of the effectiveness of the modular method of industrial housing construction. Studies of the volume of housing construction are presented and the share of industrial housing construction in the Republic of Belarus is established. The data on the volume of housing construction in European countries, including the volume of the industrial housing construction market in the world construction practice, are given. The advantages of industrial housing construction and the main constraining factors of its intensive development are determined. On the basis of the theoretical analysis of the literature, a technical and economic comparison of the large-panel and modular construction methods is carried out. Based on the data of theoretical analysis of literature the relevance of research in the field of efficiency modular construction and development of this concept industrial housing construction to reduce the time and cost of construction, improve the quality of work is shown.*

Keywords: production of prefabricated reinforced concrete structures, industrial construction, prefabricated reinforced concrete structures, industrial housing construction enterprises, efficiency of housing construction, production organization, modular construction.

## ВВЕДЕНИЕ

Важной задачей Государственной политики в области жилищного строительства является регулирование стоимости жилья в зависимости от доходов населения, повышение уровня

обеспеченности населения жильем и доли индивидуальных жилых домов коттеджного типа в общем объеме строительства жилья, в том числе повышение качества возводимого жилья с соблюдением нормативных сроков строительства [1].

Как показал анализ литературных источников [2-6], критериям возведения жилья в кратчайшие сроки, снижения его стоимости и обеспечения населения доступным жильем в большей степени соответствует индустриальное домостроение. Это способствует применению данного метода строительства в качестве основного инструмента для реализации основных задач Государственной политики в части улучшения жилищных условий многодетных семей и прочих категорий граждан (социальное жилье). При этом современные серии позволяют обеспечить строительство коммерческого жилья с конкурентоспособными потребительскими и эксплуатационными качествами, разнообразной планировкой и индивидуальными архитектурными решениями фасадов.

Индустриальное домостроение с учетом его преимуществ также является одним из основных направлений повышения качества, сокращения сроков и стоимости строительства индивидуальных жилых домов коттеджного типа при обеспечении разнообразных архитектурных и конструктивно-планировочных решений зданий.

Таким образом можно полагать, что приоритетным направлением снижения стоимости и сокращения сроков жилищного строительства в отечественной практике является индустриальное домостроение, а исследования направлений повышения эффективности индустриального домостроения является важной и актуальной задачей для жилищно-строительного комплекса республики.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ показателей жилищного строительства в странах Европы с 2017 по 2019 гг. показал, что среди 29 стран Республика Беларусь занимает 9 место с показателем 146 квартир на каждые 10 тысяч населения. Лидером по объемам жилищного строительства является Россия с показателем 227 квартир на каждые 10 тысяч населения [7]. Объемы жилищного строительства в странах Европейского региона представлены на рисунке 1.

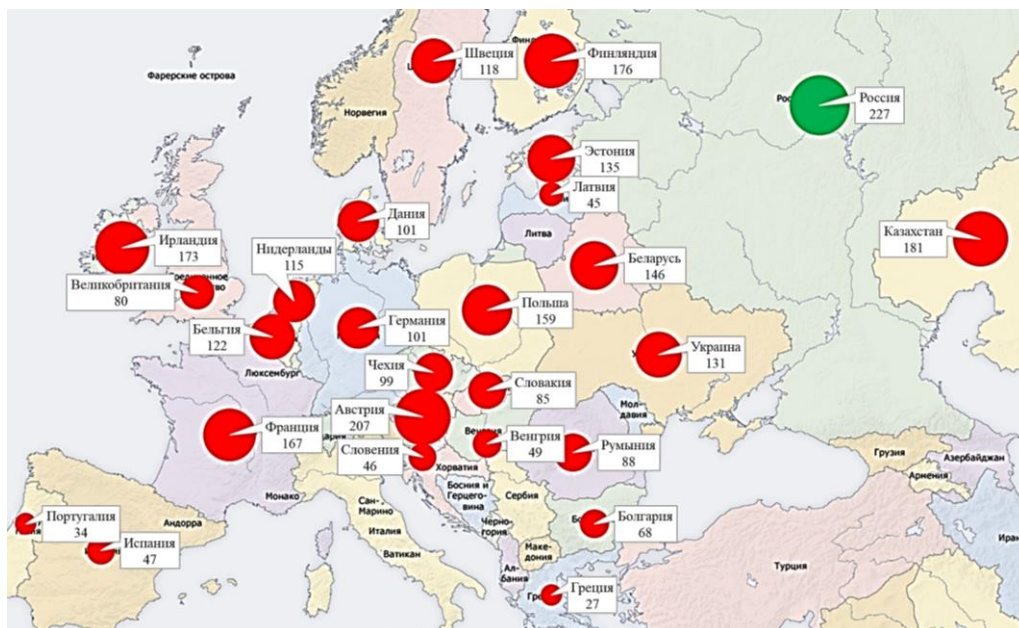


Рисунок 1 – Объемы жилищного строительства за 2017-2019 гг. на 10 000 населения в Европейских странах  
Источник:[7]

Объем жилищного строительства в Республике Беларусь с 2005 по 2023 гг. приведен на рисунке 2. С 2016 года возведение жилья в среднем установилось на уровне 4,0 млн. м<sup>2</sup> общей площади в год.

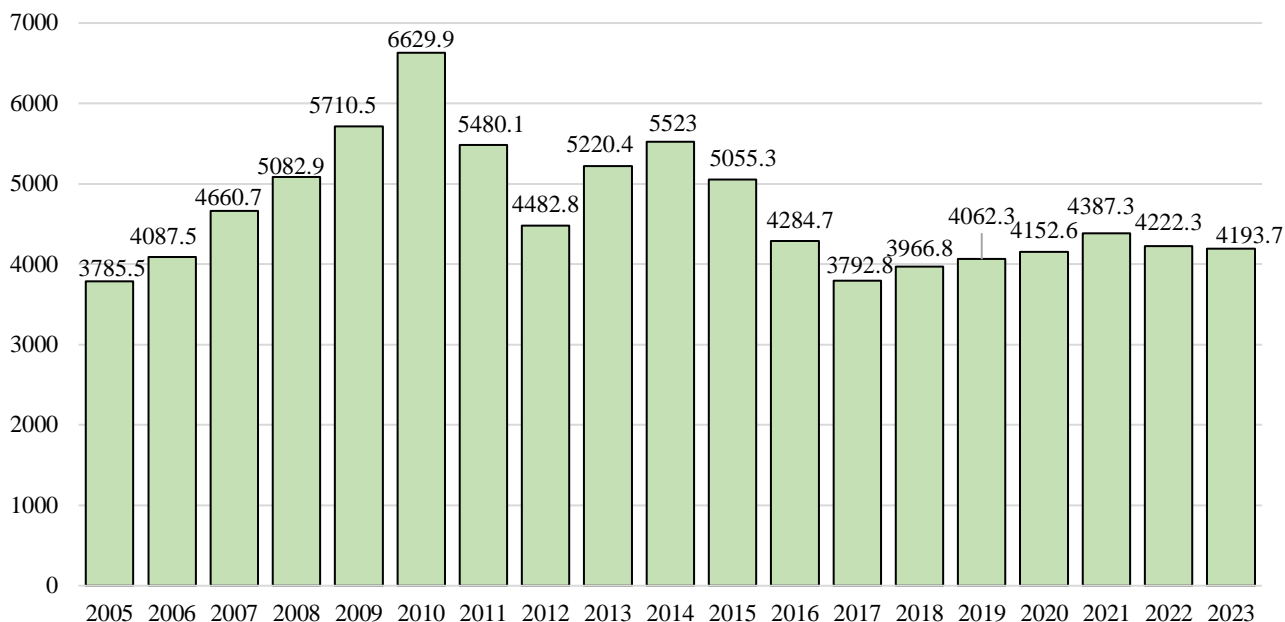


Рисунок 2 - Общий объем ввода в эксплуатацию жилых домов  
 Источник: собственная разработка авторов на основании [8]

В общем объеме жилищного строительства доля жилья в индустриальном исполнении за период с 2018 - 2023 гг. составляет в среднем 42 % [8]. Возведение зданий и сооружений из сборных железобетонных конструкций является одним из основных методов строительства во многих европейских странах и в последнее время интенсивно развивается в азиатском регионе (Китай, Малайзия, Индия, Южная Корея, Иран и др.). Средняя доля зданий из сборного железобетона в странах Европейского Союза составляет 20-25 %, в странах Северной Европы - 40-50 %, в Российской Федерации – около 30 %, в Китае - более 30 %. [3,9].

Общий объем рынка индустриального домостроения в мире представлен на рисунке 3 [10].

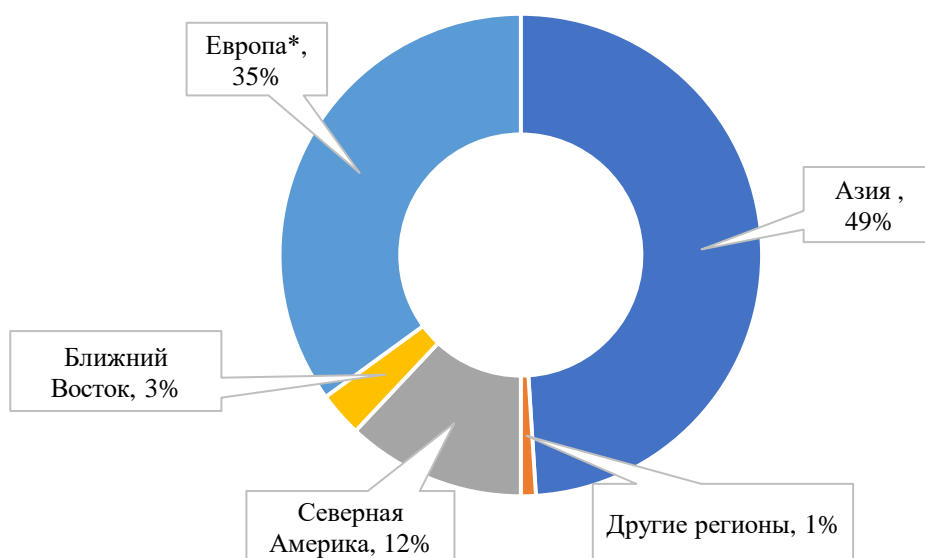


Рисунок 3 - Распределение объема рынка индустриального строительства  
 \* - включая Российскую Федерацию  
 Источник: [10]

Несмотря на успехи индустриализации жилищного строительства в большинстве экономически развитых стран до сих пор преобладают методы строительства без применения сборных железобетонных конструкций. Так в США и Турции доля зданий из сборного железобетона составляет всего 6 % и 2 % соответственно [9]. В качестве основных сдерживающих факторов отмечается необходимость создания и развития производственной базы индустриального домостроения, подготовки квалифицированных специалистов проектирования и строительства домов данного типа, относительно большая материалоемкость сборных железобетонных изделий, что отражается на увеличении их стоимости в сравнении с монолитными конструкциями, ограниченность габаритов и веса конструкций при транспортировке, полная зависимость темпов строительства от поставки конструкций на строительную площадку, ограниченное архитектурное разнообразие и низкая сейсмостойчивость домов [9].

В практике жилищного строительства известны крупнопанельный и объемно-блочный (модульный) методы возведения жилых домов. Крупнопанельное строительство характеризуется поэлементным методом монтажа отдельных конструкций заводского изготовления. В свою очередь объемно-блочный метод предусматривает изготовление на заводе отдельного блока, который доставляется на строительную площадку и за один подъем монтируется в проектное положение.

Исследования эффективности, преимуществ и недостатков указанных методов монтажа в отечественной практике индустриального домостроения представлены в работе [11]. Так, фактическая продолжительность строительства жилых домов из объемных блоков в 1,5-2 раза меньше нормативных показателей, установленных для крупнопанельного домостроения. При этом сметная стоимость строительства во многом зависит от конкретных условий и может характеризоваться равной стоимостью 1 м<sup>2</sup> общей площади, так и отличаться ростом стоимости 1 м<sup>2</sup> общей площади для крупнопанельных зданий до 18 %. Сравнительный анализ распределения показателей трудоемкости методом индустриального домостроения представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели индустриального домостроения в отечественной практике

Показатель	Крупнопанельное		Объемно-блочное		
	в среднем по предприятию	на лучших предприятиях	в среднем по предприятию	на лучших предприятиях	Минск
Трудозатраты, чел.-ч, всего	20-21	16-17	20	16,5-16,9	16
в том числе:					
на заводе	8-9	6-7	13	9,2-13	10,8
на стройке	12-13	9-10	7	3,9-6,3	5,2
Расход стали, кг	28-29	27-28	29	28,5-34,6	28,5
Расход цемента, кг	260-270	240-250	260	215-315	220
Сокращение сроков строительства по сравнению с КПД, раз	-	-	-	1,3-2	1,2-1,5
Уровень заводской готовности, %	42	53	70	65-72	75

Источник:[11]

Из данных, приведенных в таблице 1 видно, что суммарные трудозатраты по возведению крупнопанельных и объемно-блочных домов находятся на одном уровне, но происходит

перераспределение трудозатрат между заводом и стройплощадкой. Расход стали для объемно-блочных домов выше, а расход цемента в среднем ниже, чем для крупнопанельных домов.

Требования к сокращению сроков строительства, снижению стоимости и повышению качества строительства способствуют разработке и внедрению инновационных подходов возведения жилья. В последнее время в мировой строительной практике, в том числе в России, интенсивно внедряется модульное домостроение. Отличительная особенность данной концепции заключается в том, что блок-комнаты собираются из отдельных элементов, а не изготавливаются цельными в специальных технологических установках, как при объемно-блочном методе. Это позволяет формировать модули в диапазоне размеров от 3,0 до 3,5 м по ширине и длиной до 15 м, различной конфигурации.

Основным преимуществом модульного метода строительства по сравнению с крупнопанельным является снижение трудозатрат в условиях строительной площадки и сокращение сроков как строительно-монтажных, так и отделочных работ. Модули практически полностью собираются, комплектуются инженерными системами, отделяются в соответствии с требованиями заводской готовности на предприятиях с контролируемой производственной средой, что позволяет исключить климатические факторы и обеспечить высокий уровень контроля качества. Практикуется доставка на строительную площадку модулей со степенью готовности до 95% с комплектацией модулей сантехническим, кухонным и пр. оборудованием [12].

Для технико-экономического сравнения крупнопанельного и модульного метода строительства выполнен теоретический анализ литературы. В результате определено, что преимущества модульного строительства изучены достаточно широко [13, 14]. В тоже время вопросы экономической эффективности данного метода остаются малоисследованными. В работе [12] представлены результаты технико-экономического сравнения крупнопанельного и модульного метода строительства на примере строительства однотипных жилых домов из отдельных элементов и предварительно собранных в заводских условиях в модули. В таблице 2 представлены результаты технико-экономического анализа методов строительства.

Таблица 2 - Техничко-экономические показатели крупнопанельного и модульного строительства, (у.е/м<sup>2</sup>)

Наименование работ	Крупнопанельное строительство	Модульное строительство
Производство изделий, транспортировка и монтаж	74,6	75,9
Отделочные работы	4,8	5,8
Монтаж инженерных систем и коммуникаций, перегородок, отделка фасада	29,6	12,4
Прочие работы на объекте (устройство подъездов, подсобных помещений и пр.)	7,0	9,5
Итого	116,0	103,6

Источник:[12]

Как видно из таблицы 2 анализируемые методы индустриального домостроения для отдельных работ имеют сопоставимые затраты, включая производство, транспортировку, монтаж и отделочные работы. Основной экономический эффект достигается на стадии монтажа инженерных систем и коммуникаций, перегородок, отделки фасада. Это прежде всего обусловлено увеличением количества рабочих и времени на выполнение этих работ в условиях строительной площадки.

## ВЫВОДЫ

На основе выполненного анализа можно утверждать об актуальности исследований в области эффективности модульного строительства. С учетом перспектив внедрения в отечественной строительной практике модульного возведения жилья из железобетонных изделий эти вопросы остаются актуальными. На основании вышесказанного, основной задачей в развитии инновационных подходов строительства жилья, обеспечивающих сокращение сроков, снижения его стоимости и повышения качества видится исследование эффективности модульной концепции возведения жилья.

Теоретический анализ литературы показал, что модульный метод строительства более эффективен с точки зрения экономических затрат. Зафиксирован экономический эффект от применения модульного метода более 11%.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственная программа «Строительство жилья» на 2021 – 2026 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Республики Беларусь 28.01.2021 № 51 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100051>. Дата доступа: 01.04.2024.
2. Пилипенко, В.М. Перспективы развития индустриального домостроения в Республике Беларусь / В.М. Пилипенко, В.А. Потерщук, Т.М. Пецольд // Современные проблемы внедрения европейских стандартов в области строительства: сборник Международных научно-технических статей. – Минск: БНТУ, 2015. – С. 8 - 14.
3. Ефименко, А.З. Развитие и выявление резервов мощности предприятий стройиндустрии: монография / А.З. Ефименко. - Москва: МГСУ, 2012. – 198 с.
4. Леонович, С.Н. Технологическое проектирование реконструкции действующих заводов КЖД: проблемы и решения / С.Н. Леонович, В.Ю. Гуринович // Проблемы современного строительства: материалы Международной научно-технической конференции, Минск, 28 мая 2019 г. / Белорусский национальный технический университет; редкол.: В.Ф. Зверев, С.М. Коледа. – Минск: БНТУ, 2019. – С. 379-395.
5. Голубев, Н. М. Индустриальное домостроение в Республике Беларусь / Н. М. Голубев, В. М. Пилипенко // Экономика, организация строительства и управление недвижимостью [Электронный ресурс]: сборник материалов научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава БНТУ в рамках 19-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» и 74-й научно-технической конференции ППС БНТУ, 13 мая 2021 г. / редкол.: О.С. Голубова [и др.]; сост. Н.А. Пашкевич. – Минск: БНТУ, 2021. – С. 22.
6. Гуринович, В.Ю. Комплексное исследование развития индустриального домостроения / В.Ю. Гуринович // Наука и техника, Минск - 2022. - Т.21, №5. - С. 397-409. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-5-397-409>.
7. Рейтинг стран Европы по строительству жилья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://riarating.ru/infografika/20200721/630175444.html>. – Дата доступа: 01.04.2024.
8. Гуринович, В.Ю. Производственный потенциал базы индустриального домостроения Республики Беларусь. / В.Ю. Гуринович, С.Н. Леонович, Д.А. Поздняков // Вестник БрГТУ. – 2023. – № 1(130). - С. 3-6. <https://doi.org/10.36773/1818-1112-2023-130-1-3-6>.
9. Polat, G. Precast concrete systems in developing vs. industrialized countries / G. Polat // Journal of Civil Engineering and Management. – 2010. – Vol. 16, №1. – P. 85-94. <https://doi.org/10.3846/jcem.2010.08>.
10. Research and Markets: The Global Prefabricated Buildings Market — Key Trends and Opportunities to 2017 // Business Wire. 2014, January 23. URL: <http://www.businesswire.com/news/home/20140123005...>

11. Граник, Ю.Г. Реконструкция и техническое перевооружение предприятий полносборного домостроения / Ю.Г. Граник, С.И. Полтавцев. - М.: Стройиздат, 1989. - 271 с.
12. Lopez, D. Analysis of Costs and Benefits of Panelized and Modular Prefabricated Homes / D. Lopez, T.M. Froese // *Procedia Engineering*. – 2016. - Vol.: 145. – P. 1291-1297. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.166>
13. Innovative Flexible Structural System Using Prefabricated Modules / T. Gunawardena [et al.] // *Journal of Architectural Engineering*. - 2016. – Vol.: 22. -Article number: 05016003. DOI: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000214.
14. Boafo, FE. Performance of Modular Prefabricated Architecture: Case Study-Based Review and Future Pathways / FE. Boafo, JH. Kim, JT. Kim // *Sustainability*. - 2016. Vol.: - 8. - Article number: 558. DOI: 10.3390/su8060558.

## REFERENCES

1. State program “Housing Construction” for 2021 – 2026 [Electronic resource]: Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus 01/28/2021 No. 51 // National Law Internet portal of the Republic of Belarus. – Access mode: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100051>. Date of access: 04/01/2024.
2. Pilipenko, V.M. Prospects for the development of industrial housing construction in the Republic of Belarus / V.M. Pilipenko, V.A. Poterschuk, T.M. Pezold // *Modern problems of implementation of European standards in the field of construction: collection of International scientific and technical articles*. – Minsk: BNTU, 2015. – P. 8 - 14.
3. Efimenko, A.Z. Development and identification of productivity reserves of construction industry enterprises: monograph / A.Z. Efimenko. - Moscow: MGSU, 2012. – 198 p.
4. Leonovich, S.N. Technological design of reconstruction of existing KPD plants: problems and solutions / S.N. Leonovich, V.Yu. Gurinovich // *Problems of modern construction: materials of the International Scientific and Technical Conference, Minsk, May 28, 2019 / Belarusian National Technical University; Editorial Board: V.F. Zverev, S.M. Ko-leda*. – Minsk: BNTU, 2019. – P. 379-395.
5. Golubev, N. M. Industrial housing construction in the Republic of Belarus / N. M. Golubev, V. M. Pilipenko // *Economics, organization of construction and real estate management [Electronic resource]: collection of materials of the scientific and technical conference of the BNTU faculty within the framework of the 19th International Scientific and Technical Conference “Science - Education, Production, Economics” and the 74th Scientific and Technical Conference of the Teaching Staff of BNTU, May 13, 2021 / Editorial Board: V.S. Holubava [and others]; comp. ON THE. Pashkevich*. – Minsk: BNTU, 2021. – P. 22.
6. Gurinovich, V.Yu. Comprehensive study of the development of industrial housing construction / V.Yu. Gurinovich // *Science and technology, Minsk - 2022*. - T.21, No. 5. - pp. 397-409. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-5-397-409>.
7. Rating of European countries for housing construction [Electronic resource]. – Access mode: <https://riarating.ru/infografika/20200721/630175444.html>. – Access date: 04/01/2024.
8. Gurinovich, V.Yu. Production potential of the industrial housing construction base of the Republic of Belarus. / V.Yu. Gurinovich, S.N. Leonovich, D.A. Pozdnyakov // *Bulletin of BrSTU*. – 2023. – No. 1(130). - P. 3-6. <https://doi.org/10.36773/1818-1112-2023-130-1-3-6>.
9. Polat, G. Precast concrete systems in developing vs. industrialized countries / G. Polat // *Journal of Civil Engineering and Management*. – 2010. – Vol. 16, no. 1. – P. 85-94. <https://doi.org/10.3846/jcem.2010.08>.
10. Research and Markets: The Global Prefabricated Buildings Market - Key Trends and Opportunities to 2017 // *Business Wire*. 2014, January 23. URL: <http://www.businesswire.com/news/home/20140123005...>
11. Granik, Yu.G. Reconstruction and technical re-equipment of prefabricated housing construction enterprises / Yu.G. Granik, S.I. Poltavtsev. - М.: Stroyizdat, 1989. - 271 p.

12. Lopez, D. Analysis of Costs and Benefits of Panelized and Modular Prefabricated Homes / D. Lopez, T.M. Froese // *Procedia Engineering*. – 2016. - Vol.: 145. – P. 1291-1297. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.166>
13. Innovative Flexible Structural System Using Prefabricated Modules / T. Gunawardena [et al.] // *Journal of Architectural Engineering*. - 2016. – Vol.: 22. -Article number: 05016003. DOI: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000214.
14. Boafó, FE. Performance of Modular Prefabricated Architecture: Case Study-Based Review and Future Pathways / FE. Boafó, JH. Kim, JT. Kim // *Sustainability*. - 2016. Vol.: - 8. - Article number: 558. DOI: 10.3390/su8060558.