

# Технология и организация строительства

УДК 69.057.4

© В. П. Горбачевский, аспирант  
© Л. А. Пахомова, канд. техн. наук, доцент  
(Национальный исследовательский Московский  
государственный строительный университет,  
Москва, Россия)  
E-mail: vglina@mail.ru, liliya\_7172@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2025-22-2-55-63

© V. P. Gorbachevskii, post-graduate student  
© L. A. Pakhomova, PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(National Research Moscow  
State University of Civil Engineering,  
Moscow, Russia)  
E-mail: vglina@mail.ru, liliya\_7172@mail.ru

## ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОДУЛЕЙ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ

### FEATURES OF INSTALLATION OF LARGE-SIZE REINFORCED CONCRETE MODULES OF A MULTI-STOREY BUILDING

Настоящая работа посвящена исследованию организационно-технологических особенностей монтажа крупногабаритных железобетонных модулей многоэтажного здания. В ходе исследования осуществлялось изучение строительно-монтажного процесса возведения многоэтажного многосекционного жилого дома из крупногабаритных модулей, а также наблюдение за выполняющими строительный процесс рабочими, звеньями или бригадами рабочих, за работой строительных машин и механизмов. При увеличении объема выполненных работ выявлено уменьшение числа участников, а также времени на выполнение операций в связи с повышением опыта и квалификации монтажного звена. По результатам исследования определено среднее время полного цикла монтажа крупногабаритного модуля многоэтажного здания.

*Ключевые слова:* модульное строительство, крупногабаритные модули, строповка железобетонных модулей, монтаж модулей.

The present work is devoted to the study of organizational and technological features of the installation of large-size reinforced concrete modules of a multi-storey building. In the course of the study, the construction and assembly process of erecting a multi-storey multi-section residential building of large-sized modules was studied, and observation of workers, links or teams of workers, construction machines and mechanisms performing the construction process was implemented. As the volume of work performed increased, there was a decrease in the number of participants as well as the time cost of operations performed due to the increased experience and skill of the installation team. Based on the results of the study, the average time of the complete cycle of installation of a large-size module of a multi-storey building was determined.

*Keywords:* modular construction, large-size modules, slinging of reinforced concrete modules, installation of modules.

#### Введение

Одним из важнейших этапов жизненного цикла конструктивных элементов сборных, сборно-монолитных и модульных зданий является их монтаж. Модульные здания могут монтироваться по принципу кирпичной кладки или конструктора, например лего,

образуя при этом различные объемно-планировочные решения. В работе [1] описаны особенности монтажа сборных готовых объемных конструкций (PPVC), осуществляемого в три этапа: предустановочный (подготовительный), монтажный и пост-монтажный (preinstallation, installation and

the post-installation). Первый этап включает доставку на строительную площадку и разгрузку PPVC, а также установку прижимных планок. Второй этап включает в себя осмотр модуля, установку подкладочных пластин, затирку швов, монтаж уплотнительных лент и водонепроницаемой мембраны, предварительную геодезическую разметку, позиционирование модуля в проектное положение, проверку вертикальности. Третий этап включает соединение модулей, заделку вертикальных и горизонтальных швов.

Авторами рассмотрена трудоемкость монтажа объемных конструкций на строительной площадке и сравнение трудоемкости возведения зданий в Вулверхэмптоне (Англия) и Сингапуре. Трудоемкость определялась как отношение средней площади модуля к производству среднего количества человек, задействованных на монтаже, и длительности монтажа (в часах). Средняя трудоемкость монтажа 1 кв. м для 25-этажного модульного здания в Вулверхэмптоне составила 0,13 человеко-часа, для 12-этажного здания Canberra Executive Condominium в Сингапуре — 1,87 человеко-часа. Значительная разница полученной трудоемкости обусловливается организационно-технологическими решениями монтажа, объемно-плани-

ровочными и конструктивными решениями модулей, квалификацией рабочих и пр. Применение описанных объемных конструкций в Сингапуре представлено на рис. 1.

Исследованиям в области объемно-блочного и модульного домостроения посвящены публикации [2–12] и др.

В настоящее время в России стремительно развивается технология крупномодульного домостроения, пионером которой как в России, так и во всем мире является ГК «МонАрх» — один из ведущих российских застройщиков. Крупномодульное домостроение позволяет перенести значительный объем строительного-монтажных работ в заводские условия, тем самым обеспечивая повышение качества и скорости выполнения работ.

Крупномодульное домостроение имеет ряд отличительных особенностей от традиционного объемно-блочного домостроения [13–20]. Такими особенностями, влияющими на монтаж модулей, являются: объемно-планировочные и конструктивные решения модулей, включая размеры применяемых модулей, площадь которых может достигать более 100 кв. м; материалы, применяемые для изготовления модулей; способ опирания и конструктивные решения стыков модулей; материалы, применяемые



Рис. 1. Монтаж сборных готовых объемных конструкций (PPVC)

для устройства монтажных узлов модулей; организационно-технологические решения монтажа крупногабаритных модулей с применением монтажных механизмов и грузозахватных приспособлений грузоподъемностью от 15 до 100 тс и пр.

Настоящая работа посвящена исследованию организационно-технологических особенностей монтажа крупногабаритных железобетонных модулей многоэтажного здания.

### Методы

Исследование осуществлялось методами нормативных наблюдений, включая фотоучет, хронометраж и техноучет, и обработки результатов. В ходе исследования проводилось изучение строительно-монтажного процесса возведения многоэтажного многосекционного жилого дома из крупногабаритных модулей переменной этажности (до 24 этажей), а также наблюдение за выполняемыми строительный процесс рабочими, звеньями или бригадами рабочих, за работой строительных машин и механизмов.

Фотоучету, хронометражу и техноучету подлежали операции по монтажу крупногабаритных модулей, выполняемые в следующей очередности:

- приготовление бетонной смеси для растворной постели;
- установка опалубки и монтажных маяков;
- нанесение бетонной смеси на опорные части вертикальных несущих конструкций модулей;
- очистка модулей от загрязнений;
- строповка;
- подъем модулей на монтажный горизонт и подача к месту монтажа;
- установка модулей в проектное положение;
- расстроповка.

Кроме того, наблюдению подлежали следующие постмонтажные операции:

- выполнение монтажных узлов;
- герметизация межмодульных швов.

Исследование строительно-монтажного процесса выполнялось авторами на протя-

жении нескольких рабочих смен до реализации монтажа многоэтажных зданий в заводских (рис. 2) и полигонных условиях, а также на начальном этапе монтажа крупногабаритных модулей объекта капитального строительства и через две недели с момента начала монтажа. Полигонные испытания проводились на базе типовых модулей реального здания из крупногабаритных модулей.

### Результаты

Согласно разработанному проекту производства работ монтаж модулей производился звеном в составе:

- такелажник (стропальщик) — 2 чел.;
- машинист крана — 1 чел.;
- бригадир — 1 чел.;
- монтажник — 7 чел. (4 чел. на монтаж модулей и 3 чел. на выполнение монтажных узлов и герметизацию швов);
- бетонщик — 4 чел. (3 чел. на замешивание и раскладку смеси, 1 чел. — подсобный рабочий).

Ритмичность монтажа составила один этаж в сутки, т. е. семь крупногабаритных модулей в сутки. Монтаж производился «с колес». Для строповочных операций использовалась монтажная площадка, подве-



Рис. 2. Отработка организационно-технологических решений монтажа крупногабаритных модулей на растворную постель

шенная к съемным грузозахватным приспособлениям, закрепленным к крюку крана.

До монтажа каждого модуля выполнялось определение фактических отклонений высотных отметок и положения опорных зон геодезическими методами.

Результаты наблюдений за монтажными и постмонтажными операциями представлены в табл. 1 и 2. В таблицах указаны средние значения времени выполнения операций по результатам проведенного хронометража 15 модулей.

В представленных таблицах приведено максимальное число участников строительно-монтажного процесса. С увеличением объема выполненных работ наблюдалось уменьшение числа участников, а также времени на выполнение операций в связи с повышением опыта и квалификации монтажного звена.

### Обсуждение

По результатам выполненного исследования определено среднее время полного цикла монтажа крупногабаритного железобе-

Таблица 1

Результаты наблюдений за монтажными операциями

№ п/п	Наименование операции	Участники	Фото	Времязатраты, мин (сред.)
1	Приготовление бетонной смеси для растворной постели (данная операция выполняется во время подъема модуля)	Бетонщик — 4 чел.		10
2	Установка опалубки и монтажных маяков	Бетонщик — 4 чел.		6
3	Нанесение бетонной смеси на опорные части (12 мест) вертикальных несущих конструкций модуля (данная операция выполняется во время подъема модуля)			
4	Строповка модуля на трале (монтаж «с колес»)	Машинист крана — 1 чел., такелажник — 4 чел., бригадир — 1 чел.		2

№ п/п	Наименование операции	Участники	Фото	Времязатраты, мин (сред.)
5	Подъем модуля на монтажный горизонт и подача к месту установки в проектное положение при помощи крана Liebherr LR-1800-10	Машинист крана — 1 чел., бригадир — 1 чел.		19
6	Установка модуля в проектное положение	Монтажник — 4 чел., бригадир — 1 чел.		5
7	Расстроповка	Машинист крана — 1 чел., такелажник — 4 чел.		2
8	Опускание траверсы с монтажного горизонта к месту строповки следующего модуля	Машинист крана — 1 чел.		11
			<b>Итого (с учетом совмещения операций)</b>	<b>40</b>

Таблица 2

## Результаты наблюдений за постмонтажными операциями

№ п/п	Наименование операции	Участники	Фото
1	Выполнение монтажных узлов	Монтажник — 3 чел.	
2	Герметизация межмодульных швов	Монтажник — 3 чел.	

тонного модуля многоэтажного здания, которое составило 40 минут. Основной отличительной особенностью является средняя трудоемкость монтажа 1 кв. м крупногабаритного модуля, которая составила 0,05 человеко-часа. Указанная трудоемкость меньше трудоемкости мировых и отечественных подрядных организаций, осуществляющих монтажные операции, более чем в два раза ввиду снижения объема большей части выполняемых строительного-монтажных работ в условиях строительной площадки и выполнения большей части работ в заводских условиях.

#### Выводы

Полученные результаты подтверждают техническую целесообразность возведения многоэтажных зданий из крупногабаритных железобетонных модулей заводской готовности.

Для зданий с конструктивным исполнением опорных частей модулей, а также монтажных узлов, отличных от рассматриваемых в настоящей работе, следует выполнить аналогичные исследования. Не менее значимым и актуальным является формирование научного подхода непосредственно к проектированию модулей с учетом строительного-монтажных особенностей и воздействий, выявленных и частично исследованных на уже реализованных объектах с применением крупногабаритных железобетонных модулей. Полученные результаты могут быть использованы при разработке организационно-технологической документации на монтаж крупногабаритных модулей многоэтажных зданий.

#### Библиографический список

1. Ong Y. R., Yahya K. The Productivity Rate of Prefabricated Pre-Finished Volumetric Construction

(PPVC). Faculty of Civil Engineering, Universiti Teknologi Malaysia. 2016. Pp. 67–77. URL: <https://civil.utm.my/wp-content/uploads/2016/12/The-Productivity-Rate-of-Prefabricated-Pre-Finished-Volumetric-Construction-PPVC.pdf>.

2. *Kotlyarskaya I. L., Sinelnikov A. S., Iakovlev N. A., Vatin N. I., Gravit M. V.* Structural and technological features of modular multi-storey buildings. A review // *AlfaBuild*. 2022. № 23. 2304. DOI 10.57728/ALF23.4.

3. *Алексеева Н. А., Толкачев Ю. А.* Анализ ограничений, препятствующих развитию многоэтажного модульного строительства // *Социально-экономическое управление: теория и практика*. 2021. № 4 (47). С. 12–18. DOI 10.22213/2618-9763.2021.4.12.18.

4. *Коровкина А. И., Голядкина А. Д.* Модульное строительство: техническое соответствие стандартам, перспектива использования, достоинства и недостатки использования // *Строительство и недвижимость*. 2022. № 1 (10). С. 13–19.

5. *Дементьев П. М., Волкодав В. А., Волкодав И. А., Титова И. Д.* Перспективы развития и нормирования модульного строительства в России с учетом зарубежного опыта // *Инженерный вестник Дона*. 2024. № 4 (100). С. 402–434. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2023/8321](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2023/8321)

6. *Дубынин Н. В.* Быстровозводимые здания: перспективы массового строительства, индустриальная база, опыт нормирования // *Международный строительный конгресс «Наука. Инновации. Цели. Строительство»*: сб. тезисов докл. Москва, 11–13 апреля 2023 г. М.: НИЦ «Строительство», 2023. С. 132–133.

7. *Широков В. С.* Конструктивные особенности модульных зданий // *Вестник Евразийской науки*. 2022. Т. 14, № 31. URL: <https://esj.today/PDF/03SAVN322.pdf>. DOI 10.15862/03SAVN322 (дата обращения: 12.10.2024).

8. *Ряжских Б. Е.* Испытания статической нагрузкой объемного железобетонного блока 17-этажного объемно-блочного здания (ОБД) // *Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова*. 2023. № 10. С. 20–34. DOI 10.34031/2071-7318-2023-8-10-20-34.

9. *Тамов М. А., Тамов М. М., Усанов С. В., Табагуа Г. Р.* Прочность и трещиностойкость объемного блока типа «колпак» без панели пола // *Инженерный вестник Дона*. 2015. № 3 (37). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prochnost-i-treschinostoykost-obemnogo-bloka-tipa-kolpak-bez-paneli-pola> (дата обращения: 02.04.2024).

10. *Khodabandelu A., Choi J. O., Park J., Sanei M.* Developing a Simulation Model for Lifting a Modular House // *Construction Research Congress: Computer Applications*. 2020. Pp. 145–152. URL: <https://doi.org/10.1061/9780784482865.016> (дата обращения: 12.10.2024).

11. *Абрамян С. Г., Оганесян О. В., Галда З. Ю., Дикмеджян А. А.* Преимущества, недостатки и перспективы применения объемных блок-модулей в строительстве: обзор зарубежной научной литературы // *Сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса»*. Волгоград, 1–2 декабря 2020 г. В 2 ч. Волгоград: Волгоградский гос. техн. ун-т, 2020. Ч. 1. С. 138–142.

12. *Заятдинов Г. В.* Модульное строительство в России // *Colloquium-journal*. 2021. № 15–2 (102). С. 4–5. URL: <https://doi.org/10.244123/2520-6990-2021-15102-4-5>

13. *Пахомова Л. А., Олейник П. П.* Опыт строительства жилых зданий из объёмных модулей и перспективы организации строительства крупномодульного домостроения // *Актуальные проблемы строительной отрасли и образования*: сб. докл. Первой Национальной конф. Москва, 30 сентября 2020 г. М.: НИУ МГСУ, 2020. С. 349–352.

14. *Ланидус А. А., Амбарцумян С. А., Долгов О. С., Колпаков А. М., Мецераков А. С., Горбачевский В. П.* Исследование влияния технологических и функциональных особенностей мобильных конвейерных роботизированных технологических линий на конструкцию железобетонных стен и перекрытий мобильных крупногабаритных модулей // *Строительное производство*. 2022. № 3. С. 2–10. URL: [https://doi.org/10.54950/26585340\\_2022\\_3\\_2](https://doi.org/10.54950/26585340_2022_3_2)

15. *Амбарцумян С. А., Манукян А. В., Мкртычев О. В., Андреев М. И.* Верификация расчетных методик на основе экспериментальных исследований фрагментов железобетонных блоков // *Промышленное и гражданское строительство*. 2023. № 6. С. 73–77. DOI 10.33622/0869-7019.2023.06.73-77.

16. *Амбарцумян С. А., Манукян А. В., Мкртычев О. В., Андреев М. И., Грановский А. В.* Натурные и численные эксперименты узлов крупногабаритных железобетонных модулей // *Промышленное и гражданское строительство*. 2024. № 7. С. 41–47.

17. *Пахомова Л. А., Горбачевский В. П.* О подготовке и эксплуатации траверс для перемещения крупногабаритных объемных блоков // *Строительное производство*. 2021. № 1. С. 39–47.

18. *Трекин Н. Н., Горбачевский В. П.* Распределение усилий в точках строповки железобетонных модулей // *Строительство и реконструкция*. 2024. № 3. С. 12–20.

19. *Келасьев Н. Г., Трекин Н. Н., Кодыш Э. Н., Терехов И. А., Гасиев А. А., Шмаков С. Д.* Развитие модульного строительства в Российской Федерации // *Промышленное и гражданское строительство*. 2023. № 6. С. 8–14.

20. Горбачевский В. П., Пахомова Л. А., Акимов Л. В. Освоение подземного пространства с использованием крупногабаритных железобетонных модулей // Жилищное строительство. 2024. № 5. С. 22–25. DOI <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2024-5-22-25>.

## References

1. Ong Y. R., Yahya K. *The Productivity Rate of Prefabricated Pre-Finished Volumetric Construction (PPVC)*. Faculty of Civil Engineering, Universiti Teknologi Malaysia Publ., 2016, pp. 67–77. Available at: <https://civil.utm.my/wp-content/uploads/2016/12/The-Productivity-Rate-of-Prefabricated-Pre-Finished-Volumetric-Construction-PPVC.pdf>.

2. Kotlyarskaya I. L., Sinelnikov A. S., Iakovlev N. A., Vatin N. I., Gravit M. V. Structural and technological features of modular multi-storey buildings. Review. *Alfa Build.*, 2022, no. 23, 2304. DOI 10.57728/ALF.23.4.

3. Alekseeva N. A., Tolkachev Yu. A. *Analiz ogranicheniy, prep'yatstvuyushchikh razvitiyu mnogoetazhnogo modul'nogo stroitel'stva* [Analysis of constraints hindering the development of multi-storey modular construction. *Sotsial'no-ekonomicheskoe upravlenie: teoriya i praktika – Socio-economic management: theory and practice*, 2021, no. 4 (47), pp. 12–18. DOI 10.22213/2618-9763.2021.4.12.18.

4. Korovkina A. I., Golyadkina A. D. *Modul'noe stroitel'stvo: tekhnicheskoe sootvetstvie standartam, perspektiva ispol'zovaniya* [Modular construction: technical compliance with standards, perspective of use. Perspective of use, advantages and disadvantages of use]. *Stroitel'stvo i nedvizhimost' – Construction and Real Estate*, 2022, no. 1 (10), pp. 13–19.

5. Dement'ev N. M., Volkodav V. A., Volkodav I. A., Titova I. D. *Perspektivy razvitiya i normirovaniya modul'nogo stroitel'stva v Rossii s uchetom zarubezhnogo opyta* [Prospects of development and standardization of modular construction in Russia taking into account foreign experience]. *Inzhenerniy vestnik Dona Engineering Bulletin of the Don*, 2024, no. 4 (100), pp. 402–434. Available at: [ivdon.ru/en/magazine/archive/n4y2023/8321](http://ivdon.ru/en/magazine/archive/n4y2023/8321).

6. Dubynin N. V. *Bystrovozvodimye zdaniya: perspektivy massovogo stroitel'stva, industrial'naya baza, opyt normirovaniya* [Fast-erected buildings: prospects of mass construction, industrial base, experience of standardization]. *Trudy Mezhdunarodnogo stroitel'nogo kongressa «Nauka. Innovatsii. Tseli. Stroitel'stvo» Moskva, 11–13 aprelya 2023 g.* [Proceedings of the International construction congress “Science. Innovations. Goals. Construction” Moscow, April 11–13, 2023]. Moscow, NITs Stroitel'stvo Publ., 2023, pp. 132–133.

7. Shirokov V. S. *Konstruktivnye osobennosti modul'nykh zdaniy* [Structural features of modular buildings] *Vestnik Evraziyskoy nauki – Bulletin of Eurasian*

*Science*, 2022, vol. 14, no. 31. Available at: <https://esj.today/PDF/03SAVN322.pdf>. DOI 10.15862/03SAVN322 (accessed: 12.10.2024).

8. Ryazhskikh B. E. *Ispytaniya staticheskoy nagruzkoy ob'emnogo zhelezobetonnoy bloka 17-etazhnogo ob'emno-blochnogo zdaniya (OBD)* [Tests by static loading of a volumetric reinforced concrete block of a 17-storey volume-block building]. *Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova – Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov*, 2023, no. 10, pp. 20–34. DOI 10.34031/2071-7318-2023-8-10-20-34.

9. Tamov M. A., Tamov M. M., Usanov S. V., Tabagua G. R. *Prochnost' i treshchinostoykost' ob'emnogo bloka tipa «kolpak» bez paneli pola* [Strength and crack resistance of a volume block of the “cap” type without the floor panel]. *Inzhenerniy vestnik Dona – Engineering Bulletin of the Don*, 2015, no. 3 (37). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/prochnost-i-treshchinostoykost-obemnogo-bloka-tipa-kolpak-bez-paneli-pola> (accessed: 02.04.2024).

10. Khodabandelu A., Choi J. O., Park J., Sanei M. Developing a Simulation Model for Lifting a Modular House. *Construction Research Congress: Computer Applications*, 2020, pp. 145–152. Available at: <https://doi.org/10.1061/9780784482865.016> (accessed: 12.10.2024).

11. Abramyan S. G., Oganessian O. V., Galda Z. Yu., Dikmedzhyan A. A. *Preimushchestva, nedostatki i perspektivy primeneniya ob'emnykh blok-moduley v stroitel'stve: obzor zarubezhnoy nauchnoy literatury* [Advantages, disadvantages and prospects for the application of volumetric block modules in construction. Review of foreign scientific literature] *Trudy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya stroitel'nogo kompleksa» Volgograd, 1–2 dekabrya 2020 g.* [Proceedings of the International scientific-practical conf. “Actual problems and prospects of development of building complex” Volgograd, December 1–2, 2020]. In 2 pts. Volgograd, Volgograd State Technical University Publ., 2020, Pt.1, pp. 138–142.

12. Zayatinov G. V. *Modul'noe stroitel'stvo v Rossii* [Modular construction in Russia]. *Colloquium Journal*, 2021, no. 15-2 (102), pp. 4–5. Available at: <https://doi.org/10.244123/2520-6990-2021-15102-4-5>.

13. Pakhomova L. A., Oleynik P. P. *Opyt stroitel'stva zhilykh zdaniy iz ob'yomnykh moduley i perspektivy organizatsii stroitel'stva krupnomodul'nogo domostroeniya* [Experience of construction of dwelling buildings from volumetric modules and prospects of the organization of construction of large-module house-building]. *Aktual'nye problemy stroitel'noy otrasli i obrazovaniya. Trudy Pervoy Natsional'noy konf.* Moskva, 30 sentyabrya 2020 g. [Actual problems of construction industry and education. Proceedings of the First National Conf.

Moscow, September 30, 2020]. Moscow, NII MGSU, 2020, pp. 349–352.

14. Lapidus A. A., Ambartsumyan S. A., Dolgov O. S., Kolpakov A. M., Meshcheryakov A. S., Gorbachevskiy V. P. *Issledovanie vliyaniya tekhnologicheskikh i funktsional'nykh osobennostey mobil'nykh konveyernykh robotizirovannykh tekhnologicheskikh liniy na konstruktivnyy zhelezobetonnykh sten i perekrytiy mobil'nykh krupnogabaritnykh moduley* [Investigation of the influence of technological and functional features of mobile conveyor robotic technological lines on the design of reinforced concrete walls and slabs of mobile large-size modules]. *Stroitel'noe proizvodstvo – Construction Production*, 2022, no. 3, pp. 2–10. Available at: [https://doi.org/10.54950/26585340\\_2022\\_3\\_2](https://doi.org/10.54950/26585340_2022_3_2).

15. Ambartsumyan S. A., Manukyan A. V., Mkrtychev O. V., Andreev M. I. *Verifikatsiya raschetnykh metodik na osnove eksperimental'nykh issledovaniy fragmentov zhelezobetonnykh blokov* [Verification of calculation methods on the basis of experimental studies of fragments of reinforced concrete blocks]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and Civil Construction*, 2023, no. 6, pp. 73–77. DOI 10.33622/0869-7019.2023.06.73-77.

16. Ambartsumyan S. A., Manukyan A. V., Mkrtychev O. V., Andreev M. I., Granovskiy A. V. *Naturnye i chislennyye eksperimenty uzlov krupnogabaritnykh zhelezobetonnykh moduley* [Natural and numerical

experiments of nodes of large-size reinforced concrete modules]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and Civil Engineering*, 2024, no. 7, pp. 41–47.

17. Pakhomova L. A., Gorbachevskiy V. P. *O podgotovke i ekspluatatsii travers dlya peremeshcheniya krupnogabaritnykh ob'emnykh blokov* [On preparation and operation of traverses for transporting large-sized volumetric blocks]. *Stroitel'noe proizvodstvo – Construction Production*, 2021, no. 1, pp. 39–47.

18. Trekin N. N., Gorbachevskiy V. P. *Raspreделение usilii v tochkakh stropovki zhelezobetonnykh moduley* [Distribution of forces in slinging points of reinforced concrete modules]. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya – Construction and Reconstruction*, 2024, no. 3, pp. 12–20.

19. Kelašev N. G., Trekin N. N., Kodysh E. N., Terekhov I. A., Gasiev A. A., Shmakov S. D. *Razvitie modul'nogo stroitel'stva v Rossiyskoy Federatsii* [Development of modular construction in the Russian Federation]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and Civil Construction*, 2023, no. 6, pp. 8–14.

20. Gorbachevskiy V. P., Pakhomova L. A., Akimov L. V. *Osvoenie podzemnogo prostranstva s ispol'zovaniem krupnogabaritnykh zhelezobetonnykh moduley* [Development of underground space using large-size reinforced concrete modules]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo – Housing Construction*, 2024, no. 5, pp. 22–25. Available at: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2024-5-22-25>.