

Технология и организация строительства Technology and organization of construction

Научная статья

УДК 69.059

DOI: 10.14529/build230209

ТЕХНОЛОГИЯ БЕТОНИРОВАНИЯ БЛОК-КОМНАТ СПОСОБОМ ОПУСКАЮЩЕГОСЯ БЕТОНА

Т.М. Хафизов, *khafizovtm@susu.ru*

А.Х. Байбурин, *baiburinak@susu.ru*

С.Е. Денисов, *denisovse@susu.ru*

А.Д. Овчинников, *ovchinnikovad@susu.ru*

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Описана технология изготовления изделий в мобильных цехах способом опускающегося бетона для строительства жилых домов из блок-комнат. Обзор исследований проведен в области объемно-блочного строительства, модульных конструкций, 3D-блочного строительства, сборных блоков. Предложена концепция перемежающихся вслед за возводимыми объектами производств, отличающаяся тем, что для возведения жилых домов железобетонные объемные блок-комнаты изготавливаются в мобильном цехе с помощью патентованного способа опускающегося бетона. Цех находится непосредственно на строительной площадке или рядом с ней. Приводятся организационные и технологические решения блочного строительства, имеющие преимущества в виде минимальных сроков строительства и приемлемой себестоимости квадратного метра.

Ключевые слова: технология строительства, блочное строительство, блок-комната, способ опускающегося бетона, монолитный бетон

Для цитирования. Хафизов Т.М., Байбурин А.Х., Денисов С.Е., Овчинников А.Д. Технология бетонирования блок-комнат способом опускающегося бетона // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2023. Т. 23, № 2. С. 73–79. DOI: 10.14529/build230209

Original article

DOI: 10.14529/build230209

BLOCK-ROOM CONCRETING TECHNOLOGY USING THE DESCENDING CONCRETE METHOD

T.M. Khafizov, *khafizovtm@susu.ru*

A.Kh. Baiburin, *baiburinak@susu.ru*

S.E. Denisov, *denisovse@susu.ru*

A.D. Ovchinnikov, *ovchinnikovad@susu.ru*

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. We describe the concrete deposition method for manufacturing concrete products in mobile workshops for the construction of residential buildings consisting of block rooms. A literature review was carried out in the field of volumetric block construction, modular structures, 3D block construction, and prefabricated blocks. We propose a concept of mobile manufacturing. Per this method, three-dimensional blocks of a room for a residential structure are manufactured in a mobile workshop using the patented method of concrete deposition. The workshop is located directly on the construction site or next to it. Organizational and technological solutions for block construction are provided which reduce construction time and cost per square meter.

Keywords: construction technology, block construction, block room, concrete deposition method, monolithic concrete

For citation. Khafizov T.M., Baiburin A.Kh., Denisov S.E., Ovchinnikov A.D. Block-room concreting technology using the descending concrete method. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2023;23(2):73–79. (in Russ.). DOI: 10.14529/build230209

© Хафизов Т.М., Байбурин А.Х., Денисов С.Е., Овчинников А.Д., 2023.

Введение

Научное обоснование направлений развития полносборного индустриального домостроения при полной интеграции процесса производства железобетонных изделий и организации монтажных работ на строительной площадке – актуальное направление фундаментальных и прикладных исследований. Мобильные цеха объемно-блочного домостроения ускоряют реализацию национальной программы доступного жилья за счёт снижения стоимости, повышения рентабельности и скорости строительства.

Решение этой задачи в России затрудняется объективными условиями. Одно из них связано с убыточностью стационарных заводов железобетонных изделий, большим износом их основных фондов, устаревшими технологиями и низкой загруженностью по проектной производительности. На основе сравнительного анализа рынка жилья отмечено, что на данное время реализация национальной программы доступного жилья не достигает необходимых темпов, заметного повышения объемов ввода многоквартирных жилых домов не происходит.

Проблема заключается в несоответствии вводимых объемов жилья в Российской Федерации (около 80–90 млн квадратных метров ежегодно) требованиям, установленным из условия естественного выбытия ветхих и аварийных зданий и замены их новыми. По оценкам ООН, для своевременной замены изношенной части жилого фонда необходимо строить один квадратный метр на одного жителя в год, т. е. с учетом населения России не менее 146 млн квадратных метров.

Анализ технологий домостроения

Основные недостатки объемно-блочного домостроения в России связаны с рядом факторов: высокая стоимость жилой площади, обусловленная себестоимостью и амортизацией изношенных основных фондов; нехватка современных промышленных цехов с развитой инфраструктурой; морально устаревшее оборудование для формовки объемных железобетонных блок-комнат; сложная логистика доставки блоков.

Дороги для транспортировки часто не соответствуют весовым и габаритным характеристикам автотранспорта (например, ширина изделия превышает 4 м, масса достигает 21 т). Необходимо мощное подъемное оборудование на строительной площадке. Технология производства имеет ряд недостатков, сдерживающих развитие данного вида домостроения.

На XXV международной конференции «Теоретическое обоснование в строительной отрасли» акцентировалось, что монтаж модульных зданий, в том числе из 3D-армированных бетонных модулей, экономичен, безопасен и экологичен. По результатам исследований показана перспективность разработки модульных систем для обеспечения

населения доступным, комфортным и экологическим жильём [1].

В статье [2] авторы обосновали, что выбор транспортных средств определяется диапазоном транспортировки и оценочными, относительными значениями трудозатрат, стоимостью и продолжительностью транспортировки и установки модулей.

В исследованиях [3] рассмотрен и проанализирован опыт применения модульного строительства в России и за рубежом. Сформулированы основные преимущества и недостатки использования данной технологии. Сделаны выводы, определены пути решения поставленных целей и оптимизации блочно-модульного строительства в России в части технического нормирования планирования строительства, наиболее рационального применения технологий.

В диссертациях [4, 5] показан значительный зарубежный опыт использования модульных зданий, отраженный в работах американских, немецких, французских, японских ученых, таких как К. Танге, Ф. Отто, А. Квормби и др. Приведем примеры систем быстровозводимых зданий зарубежных стран. США: TREILER, MOBIL, HAUSE, вид – контейнерная, применяется для передвижных поселков; Франция: INTERCAMP, CARAVAN, вид – контейнерная, применяется для жилых домов и офисов; Япония: CONTAINEX, вид – контейнерная, применяется для жилых домов и общежитий. Передовые страны используют собственные оригинальные системы, подчеркивая тем самым актуальность рассматриваемой проблемы в масштабе мировых макроэкономик [6].

Новая технология блочного домостроения

Рассмотрим рабочий вариант строительного генерального плана участка в г. Челябинске, на пересечении улиц Смирных и Тернопольская. Строительный участок имеет два транспортных въезда, временную дорогу, площадку складирования, временные сети. Размеры строительных площадок жилых домов для разработки ПОС выполняются с учетом реализации государственных программ реновации, переселения из ветхого аварийного жилья, обеспечения квартирами государственных служащих.

Возводимый объект – 16-этажный жилой дом. Параллельно расположен мобильный цех площадью 590 кв. м, высотой 6 м. Дополнительную энергоёмкость обеспечивает дизельный генератор из расчета потребности цеха и стройплощадки (рис. 1).

Цех должен быть теплым, удобным для производства и выпуска высококачественной продукции и вместе с тем компактным. Железобетонные изделия с отпускной прочностью не менее 75 % набирают прочность на площадке складирования и в каркасе здания до проектного нагружения [7]. Блок-комната до монтажа должна быть максимально

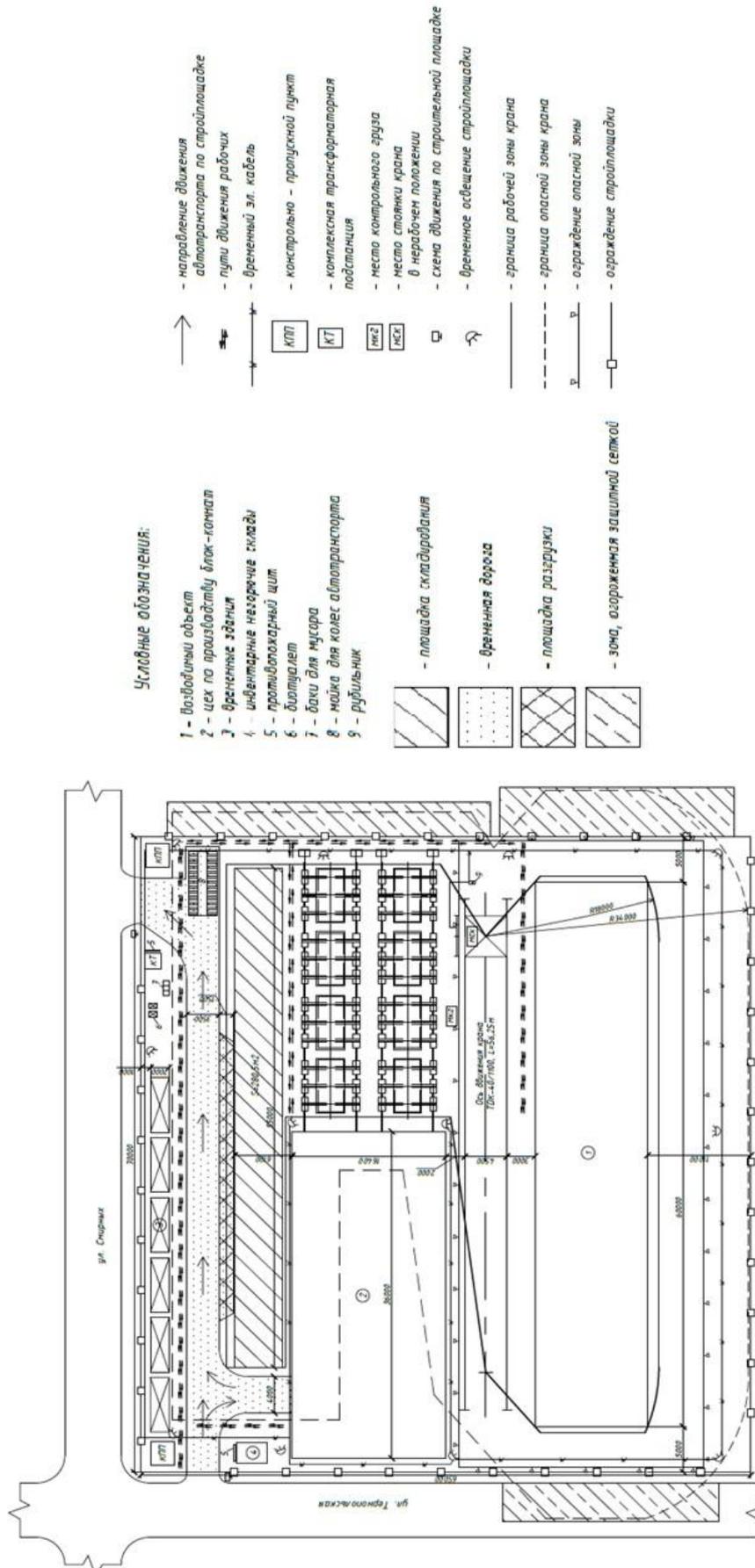


Рис. 1. Строительный генеральный план

отделана и оборудована для снижения трудозатрат на монтажном горизонте (окна, двери, электрика, фасадные элементы и пр.). Конструкции цеха и оснастка по длине и габаритам размещаются в прицепе седельного тягача длиной не более 9 м для транспортировки на следующий объект.

Проект организации работ должен объединить организацию цехового производства с организацией монтажа. Для этого необходимо подобрать типовой проект жилого дома из объемных блок-комнат, на его основе выполнить эскизный проект с размерами изделий по ширине не менее 4 метров при высоте 3 метра. Затем подбирается необходимое оборудование и механизмы. Для варианта производства вне площадки предусматривают: автотранспорт для доставки крупногабаритного груза, автокран не менее 32 тонн для разгрузки изделий. Для варианта производства на площадке: электролебедки для подачи изделий из цеха на строительную площадку на рельсовых тележках, башенный кран с грузоподъемностью на гуське не менее 25 тонн. В зависимости от цехового графика готовности изделий (не менее 24 часов) прорабатывается график монтажа блок-комнат жилого дома.

Инновационная технология изготовления объемных блок-комнат размерами до $6 \times 4 \times 3$ м согласно проектным решениям дома предусматривает гибкую опалубочную систему, состоящую из металлического каркаса, опалубочных вертикальных щитов высотой от 1,1 до 1,6 м, опалубочное перекрытие с проемами для временных деревянных балок, воспринимающих вертикальное давление и убирающихся во время монтажа. Для послойного опускания бетонной смеси и подъема готового изделия подбирается гидравлическая система с оборудованием: гидроцилиндры, гидростанция с внешним управлением, рукава высокого давления, бачок для хранения гидравлической жидкости и пр.

Между бетоном и палубой вводится пленка, в системе «бетон-пленка-палуба» пленка движется вместе с бетоном и устраняет вредные взаимодействия (адгезия, когезия, усадка) при трении поверхностей. Для проведения экспериментов с соблюдением условий теории подобия запроектирована исследовательская установка размерами $3 \times 1,5 \times 1,5$ м. Цель эксперимента – отработка механики взаимодействия системы «бетон-пленка-палуба», оптимизация технологических параметров, проверка составов композитных смесей, температурных режимов и т. д. Применение композитных бетонов повышенной прочности предусматривает проверку гипотезы взаимодействия укладываемых слоев через специальные пропитки (праймеры) с целью обеспечения связи нижнего слоя, набравшего определенную прочность, и свежего верхнего слоя в технологическом шве бетонирования. Сопутствующая задача – определение оптимальных параметров для изделия с заданной

готовностью и временным режимом в 24 часа с начала бетонирования с учетом взаимосвязи с поминутным графиком подачи на монтаж блок-комнат.

Внутри производственного цеха находятся восемь стендов, каждый под разный типоразмер изделия в зависимости от проекта. Композитный бетон подается на бетононасос и распределяется в зависимости от технологического графика по стендам. Опалубочная система (стенд) для формирования железобетонных блок-комнат находится в подземной части цеха, ниже уровня нулевой отметки. Новизна заключается в конструкции стенда, в гибкости частей стенда, что позволяет производить изделия с различными типоразмерами, но в пределах определенного интервала. Новая технология бетонирования способом опускающегося бетона позволяет формировать стены непрерывно, послойно, с высокой прочностью каждого слоя, с промежуточной клеящей пропиткой технологических швов между слоями бетона или применением бетонной смеси с адгезионными добавками (рис. 2).

В процессе бетонирования возможно устройство внешних слоев стен различного назначения (цветной фасад, гидроизоляция, отделка и пр.) Время формирования блок комнаты не более суток. Отформованные изделия посредством гидравлических домкратов подаются вверх, под них подводятся транспортные тележки. Монтаж производится башенным краном, восемь готовых изделий в смену. Сроки возведения каркаса здания 16-этажного дома в пределах 90 суток, после окончания монтажа мобильный цех демонтируется и перемещается на следующий объект. Объект переходит в стадию отделки и специальных работ.

Преимущество концепции заключается в переносе производства блок-комнат на строительную площадку, в теплый мобильный цех из сборно-разборных легких металлических конструкций. Срок эксплуатации цеха – 10 лет, за это время возводятся 40 жилых домов по 16 этажей с примерными размерами в плане 60×12 м. При этом отсутствуют транспортные затраты на перевозку габаритных и тяжелых железобетонных изделий. Дополнительные преимущества: сокращение в 4–5 раз номенклатуры изделий и в 2–3 раза срока строительства по сравнению с крупнопанельным домостроением, сокращение «мокрых» и сварочных работ, снижение трудоемкости монтажа и зависимости от погодных условий.

Технологическая, экономическая, организационная отработка всех процессов, начиная с закупа материалов и заканчивая установкой последней блок-комнаты, имеет целью нахождение оптимальных решений по снижению конечной стоимости квадратного метра при максимальных темпах строительства [8].

Экономические показатели сравнительного анализа подтверждают вывод о самой низкой се-

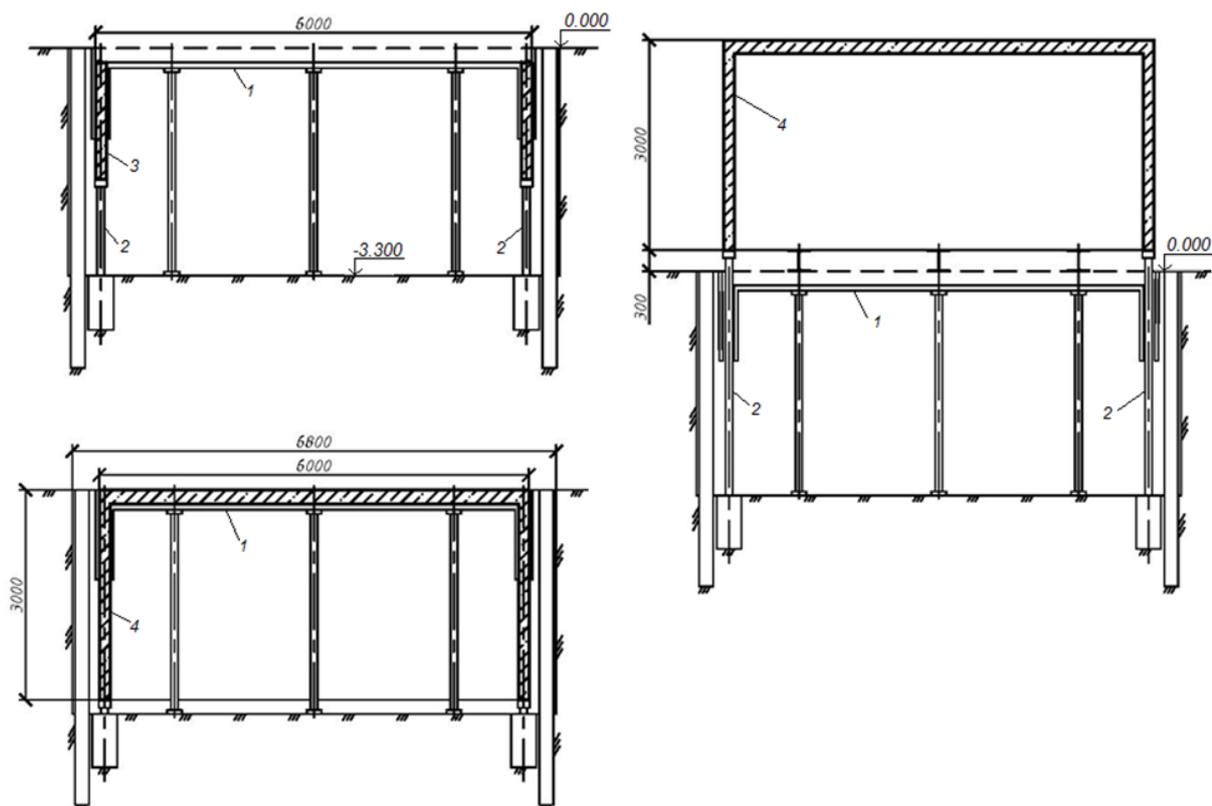


Рис. 2. Этапы формования блок-комнаты методом опускающегося бетона

бестоимости квадратного метра жилья на строительном рынке. Себестоимость квадратного метра «под ключ» из блок-комнат – 27 тыс. руб., из панелей – 37 тыс. руб. Прибыль при продаже квадратного метра стоимостью 40 тыс. руб., из блок-комнат составит до 33 %, из панелей – до 10 %. Срок окупаемости инвестиций – 3,5–4,0 года.

Заключение

Мобильные цеха блочного домостроения – конкурентное, организационно-технологическое решение по снижению стоимости жилья, удачный выбор для бизнеса и помощь в реализации национального проекта по строительству доступного жилья [9]. Блок-комнаты размерами до 6 × 4 × 3 м подъемны для современных кранов и рациональны для средней семьи, при этом вариации комбинаций комнат в квартире различны. Богатый мировой и отечественный опыт отделки фасадов и патентные наработки «вакуумных оболочек» исключают повторяемость архитектурных решений.

Для разработки технологии бетонирования посредством опускающегося бетона предполагается изучение свойств материалов, температурных режимов, механики взаимодействия между различными материалами, конструирование узлов. Большинство технических решений будут выполнены на уровне изобретений. Конечные продукты научно-проектной разработки – это рабочий проект мобильного цеха, проект организации цеха и строительной площадки с эскизным проектом жилого дома, составы бетонов, добавок и пропиток, технология цеха, технологический регламент по формованию железобетонных блок-комнат. Перечисленные продукты НИОКР привлекут инвестиции и обеспечат основу для практического внедрения данного вида домостроения. Кроме того, задачи проекта будут использоваться в учебном процессе при подготовке магистров (проектное обучение в национальном исследовательском университете), ориентируя студентов на решение социально значимой задачи реализации национальной программы доступного жилья.

Список литературы

1. Генералова Е.М., Генералов В.П. Перспективы внедрения модульных конструкций в строительство высотных зданий // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн: сборник статей. Самара: СГАСУ. 2016. С. 54–59.
2. Sychev S.A., Sharipova D.T. Monitoring and logistics of erection of prefabricated modular buildings // Indian Journal of Science and Technology. 2015. No 8(29). P. 1–6. DOI: 10.17485/ijst/2015/v8i29/84114

3. Захарова М.В., Пономарев А.Б. Опыт строительства зданий и сооружений по модульной технологии // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2017. Т. 8, № 1. С. 148–155. DOI: 10.15593/2224-9826/2017.1.13
4. Сычев С.А. Научные и технологические основы высокоскоростных энергоэффективных строительных систем в условиях Крайнего Севера: дис. ... д-ра техн. наук. СПб.: СПбГАСУ, 2021. 479 с.
5. Адам Ф.М. Совершенствование технологии строительства модульных быстровозводимых малоэтажных зданий: На примере фирмы БУК Германия: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб.: СПбГАСУ, 2001. 21 с.
6. A novel mathematical optimisation model for the scheduling of activities in modular construction factories / A.W.A. Hammand, H. Grzybowska, M. Sutrisna, A. Akbarnezhad, A.N. Haddad // *Construction Management and Economics*. 2020. No 38(6), P. 534–551. DOI: 10.1080/01446193.2019.1682174
7. Wang Z., Pan W., Zhang Z. High-rise modular buildings with innovative precast concrete shear walls as a lateral force resisting system // *Structures*. 2020. Vol. 26. P. 39–53. DOI: 10.1016/j.istruc.2020.04.006
8. Xu Z., Zayed T., Niu Y. Comparative analysis of modular construction practices in mainland China, Hong Kong and Singapore // *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 245. P. 118861. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.118861
9. Fano D., Davis D. New models of building: the business of technology // *Architectural Design*. 2020. Vol. 90(2). P. 32–39. DOI: 10.1002/ad.2544

References

1. Generalova E.M., Generalov E.M. [Prospects for the introduction of modular structures in the construction of high-rise buildings]. In: *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Arkhitektura i dizayn: sbornik statey* [Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and design. Collection of articles]. Samara: Samara State University of Architecture and Civil Engineering; 2016. P. 54–59. (In Russ.)
2. Sychev S.A., Sharipova D.T. Monitoring and logistics of erection of prefabricated modular buildings. *Indian Journal of Science and Technology*. 2015;8(29):1–6. DOI: 10.17485/ijst/2015/v8i29/84114
3. Zakharova M.V., Ponomarev A.B. Experience in constructing buildings and structures using modular technology. *PNRPU bulletin. Construction and architecture*. 2017;8(1):148–155. (In Russ.) DOI: 10.15593/2224-9826/2017.1.13
4. Sychev S.A. *Nauchnye i tekhnologicheskie osnovy vysokoskorostnykh energoeffektivnykh stroitel'nykh sistem v usloviyakh Kraynego Severa. Dokt. diss.* [Scientific and technological foundations of high-speed energy-efficient construction systems in the conditions of the Far North: Dokt. diss.]. St. Petersburg: SPbGASU; 2021. 479 p. (In Russ.)
5. Adam F.M. *Sovershenstvovanie tekhnologii stroitel'stva modul'nykh bystrovovodimykh maloetazhnykh zdaniy: Na primere firmy BUK Germaniya: Avtoref. kand. tekhn. nauk.* [Improving the technology of construction of modular prefabricated low-rise buildings: On the example of BUK Germany. Abstract of cand. sci. diss.]. St. Petersburg: SPbGASU; 2001. 21 p. (In Russ.)
6. Hammand A.W.A., Grzybowska H., Sutrisna M., Akbarnezhad A., Haddad A.N. A novel mathematical optimisation model for the scheduling of activities in modular construction factories. *Construction Management and Economics*. 2020;38(6):534–551. DOI: 10.1080/01446193.2019.1682174
7. Wang Z., Pan W., Zhang Z. High-rise modular buildings with innovative precast concrete shear walls as a lateral force resisting system. *Structures*. 2020;26:39–53. DOI: 10.1016/j.istruc.2020.04.006
8. Xu Z., Zayed T., Niu Y. Comparative analysis of modular construction practices in mainland China, Hong Kong and Singapore. *Journal of Cleaner Production*. 2020;245:118861. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.118861
9. Fano D., Davis D. New models of building: the business of technology. *Architectural Design*. 2020;90(2):32–39. DOI: 10.1002/ad.2544.

Информация об авторах:

Хафизов Тагир Мавлитович, старший преподаватель кафедры «Строительное производство и теория сооружений», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, khafizovtm@susu.ru

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

Денисов Сергей Егорович, доктор технических наук, профессор кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, denisovse@susu.ru

Овчинников Андрей Дмитриевич, магистрант кафедры «Строительное производство и теория сооружений», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, ovchinnikovad@susu.ru

Information about the authors:

Tagir M. Khafizov, Senior lecturer of the Department of Construction Production and Theory of Structures, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, khafizovtm@susu.ru

Albert Kh. Baiburin, Doctor of Sciences (Engineering), Professor of the Department of Construction Production and Theory of Structures, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia baiburinak@susu.ru

Sergey E. Denisov, Doctor of Sciences (Engineering), Professor of the Department of Urban Planning, Engineering Networks and Systems, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, denisovse@susu.ru

Andrey D. Ovchinnikov, Master's degree student of the Department of Construction Production and Theory of Structures, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, ovchinnikovad@susu.ru

Статья поступила в редакцию 21.12.2022, принята к публикации 20.01.2023.

The article was submitted 21.12.2022; approved after reviewing 20.01.2023.