



CONSTRUCTION AND GEOTECHNICS

Т. 11, № 2, 2020

<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2020.2.09

УДК 624.05

МИРОВАЯ ПРАКТИКА В ОБЛАСТИ МОДУЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

А.О. Хубаев¹, С.С. Саакян¹, Н.В. Макаев²

¹Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

²ООО «Эталон-Инвест», Москва, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 20 февраля 2020

Принята: 20 апреля 2020

Опубликована: 30 июня 2020

Ключевые слова:

модульное строительство, блок-модули, энергоэффективность, экономичность и экологичность.

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена мировая практика в области модульного строительства. Целью исследования является определение возможных путей применения технологий модульного домостроения в Российской Федерации.

Достижение цели работы осуществлялось на основе применения общенаучных методов исследования в рамках сравнительного, логического, статистического анализа и др. Рассмотрены и проанализированы технологии модульного строительства, такие как: объемно-блочное строительство (ОБД), многослойные клееные деревянные панели (CLT-панели) и легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК). Установлено, что применение данных технологий является оптимальным и действенным направлением, в связи с чем Российская Федерация должна рассматривать данную современную строительную систему как один из способов решения проблем, связанных с нехваткой жилых площадей.

Обобщены преимущества и недостатки технологий модульного строительства. Анализ мировой практики применения данной технологии свидетельствует о перспективности направления, так как данные технологии могут использоваться практически во всех сферах строительства, где существует такая необходимость, поскольку они соответствуют всем тем трендам и тенденциям современной строительной отрасли. Предложены практические рекомендации по усовершенствованию технической и нормативной правовой базы Российской Федерации в целях устойчивого развития модульного строительства с применением объемно-блочного метода (ОБД), многослойных клееных деревянных панелей (CLT-панели) и легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК).

Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации технологий модульного строительства, их усовершенствования, а также устранения факторов, создающих препятствия для конечного потребителя.

© ПНИПУ

© Хубаев Алан Олегович – старший преподаватель, e-mail: alan_khubaev@mail.ru.

Саакян Севак Севакович – студент, e-mail: 9099418565@mail.ru.

Макаев Николай Викторович – руководитель проекта по внедрению сборных технологий, e-mail: n_makay@mail.ru.

Alan O. Khubaev – Senior Lecturer, e-mail: alan_khubaev@mail.ru.

Sevak S. Saakyan – Student, e-mail: 9099418565@mail.ru.

Nikolai V. Makaev – Project Manager for the Implementation of Precast Technologies, e-mail: n_makay@mail.ru.

WORLD PRACTICE IN THE FIELD OF MODULAR CONSTRUCTION

A.O. Khubaev¹, S.S. Saakyan¹, N.V. Makaev²

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation
Etalon-invest LLC, Moscow, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 20 February 2020
Accepted: 20 April 2020
Published: 30 June 2020

Keywords:

modular construction, block modules, energy efficiency, profitability and environmental friendliness.

ABSTRACT

This article discusses world practice in the field of modular construction. The aim of the study is to identify possible ways of applying modular housing technology in the Russian Federation.

The goal was achieved through the application of general scientific research methods within the framework of comparative, logical, statistical analysis, etc. Modular construction technologies, such as volume block construction (OBD), multilayer glued wood panels (CLT panels) and light steel ones, were examined and analyzed. thin-walled structures (LSTK). These technologies are seen as the optimal and effective direction, in connection with which the Russian Federation should consider this modern building system as one of the ways to solve the problems associated with the lack of living space.

The advantages and disadvantages of modular construction technologies are generalized, an analysis of the world practice of applying this technology indicates the prospects of the direction, since these technologies can be used in almost all areas of construction where there is such a need, for the simple reason that they correspond to all those trends and trends, to which humanity aspires. Practical recommendations are proposed to improve the technical and regulatory legal framework of the Russian Federation in order to promote the sustainable development of modular construction using the volume-block method (HBS), laminated wood panels (CLT panels) and light steel thin-walled structures (LSTK).

The results can be used to optimize modular construction technologies, improve them, as well as eliminate the factors that create obstacles for the end user.

© PNRPU

Введение

Одной из самых актуальных проблем в Российской Федерации является обеспечение граждан жилыми площадями, так как данная проблема непосредственно связана с уровнем социальной напряженности в стране. Ввиду этого большое внимание уделяется развитию технологий жилищного строительства, позволяющих снизить материалоемкость и трудоемкость работ, а также сократить продолжительность выполнения основных строительных процессов, что напрямую отразится на сметной стоимости объектов и обеспечит их доступность на рынке. Модульное строительство может стать решением жилищного кризиса с учетом современных требований по архитектуре и дизайну, комфорту и функциональности, энергоэффективности и экологичности.

Поскольку строительство является отраслью реального сектора экономики и относится к наиболее капиталоемким отраслям, его приоритетной задачей является снижение капиталоемкости, чего и позволяют достичь технологии модульного строительства.

Сокращение издержек и влияния на окружающую среду, а также сроков реализации проектов всегда актуально для строительных компаний, и применение современных технологий модульного строительства, таких как объемно-блочное строительство (ОБД), многослойные клееные деревянные панели (CLT-панели) и легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК), представляется оптимальным и действенным направлением достижения указанных целей, в связи с чем в Российской Федерации данная современная строительная система должна рассматриваться как один из способов решения проблем, связанных с нехваткой жилых площадей.

Модульные конструкции используются не только в жилищном строительстве, но и в сфере энергетики, металлургической, машиностроительной, нефтегазовой промышленности. Наиболее широкое применение в Российской Федерации имеют мобильные или временные здания и сооружения с блок-контейнерами легкой и быстрой сборки.

В настоящей статье рассмотрен мировой опыт строительства зданий и сооружений по модульной технологии. Объектом исследования является возможность применения модульных конструкций в строительстве. Цель – определить вероятные пути оптимизации модульного строительства в России в части планирования строительства и рационального применения технологий. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- 1) раскрыть понятие и сущность технологий модульного строительства;
- 2) проанализировать мировой опыт применения технологии модульного строительства при возведении зданий и сооружений;
- 3) выявить возможности и методы использования технологии модульного строительства в целях повышения эффективности возведения строительных объектов.

1. Основная часть

Объекты, возведенные с использованием технологии модульного строительства, а именно – здания, сооружения и т.д., представляют собой собранные из блоков или модулей, изготовленные на заводе-производителе, конструкции, которые транспортируются на стройплощадку и соответствующим образом собираются воедино [1, 2]. Для более детального анализа рассмотрим каждую технологию модульного строительства по отдельности.

Распространение модульного строительства из объемных блок-модулей в мире произошло в 50–60-е гг. XX в., в период развития и подъема индустриального строительства из железобетона [3, 4]. В послевоенный период проблема дефицита жилой площади достигала критической отметки как для западных стран, так и для России. В Европе Вторая мировая война оставила после себя не только разрушенные города, но и еще и колоссальное отставание в области инвестиций в гражданскую инфраструктуру, прежде всего в сфере жилищного строительства [5, 6].

Объемно-блочное строительство в 60–70-е гг. было инновационным, но при этом экономичным и отмечалось колоссальной экономией материалов, исчисляемой в миллионах тонн металла и цемента, а также финансовых ресурсов [7, 8].

Между тем выдающимся примером первого модульного строительства в мире является жилой комплекс «Хабитат 67» в Монреале (рис. 1). Спроектирован архитектором Моше Сафди в 1966–1967 гг., является памятником архитектуры. Комплекс был построен к началу выставки «Экспо-67», одной из самых крупных мировых выставок того времени, темой которой были дома и жилое строительство. Являясь уникальным проектом будущего, воплотившимся в 1967 г., как пример модульного жилья, остается футуристическим и по сей день, доказывая, что архитектура модульных зданий не ограничена рамками прямоугольной конфигурации здания в плане и фасадов, собираясь при этом из одинаковых железобетонных блок-модулей с размерами 5,2×11,5×2,8 м [9].

Параллельно со строительством из железобетонных блок-модулей развивается направление модульного строительства из легких конструкций, представляющих собой пространственные каркасы по типу морских контейнеров (рис. 2), в несколько раз легче их аналогов из железобетона, они нашли применение во многих странах, в том числе в России [10, 11].



Рис. 1. Жилой комплекс «Хабитат 67» (Монреаль, Канада) [3]
Fig. 1. Habitat 67 Residential Complex (Montreal, Canada) [3]



Рис. 2. Офисное здание из контейнеров [3]
Fig. 2. Office building made of containers [3]

Стоит также отметить опыт внедрения модульных конструкций в строительство зданий в Соединенных Штатах Америки, где довольно широко распространено строительство малогабаритного жилья. В России первый капсульный отель построен в Москве, в доме 27 на ул. 1-й Тверской-Ямской – Sleepbox Hotel Tverskaya. В отличие от зарубежных аналогов, где номера для постояльцев буквально представляют собой капсулы, московский отель состоит из слипбоксов – модульных комнат (рис. 3), обеспеченных всеми необходимыми удобствами для полноценного проживания гостя [1, 12, 13].



Рис. 3. Капсульный отель Sleepbox Hotel Tverskaya [1]
Fig. 3. Capsule Hotel Sleepbox Hotel Tverskaya [1]

В Швейцарии в 90-х гг. прошлого столетия впервые применили многослойные клееные деревянные панели, состоящие из деревянных ламелей, сложенных в ряды. Изделия склеиваются между собой и спрессовываются. Ряды располагаются крест-накрест относительно друг друга. Вертикальные ламели обеспечивают высокую несущую способность, а горизонтальные – жесткость в продольной плоскости [14, 15].

Благодаря возросшему интересу общества к эко-строительству технология стала востребованной, из таких панелей стали возводить не только одноэтажные, но и многоэтажные здания, многоквартирные дома. В Западной Европе данная технология занимает все большую долю строительной отрасли. В России производство CLT-панелей активно развивается. Новая строительная технология имеет больше преимуществ, чем недостатков, поэтому ее популярность постоянно возрастает, однако сейчас, к сожалению, основным недостатком является высокая стоимость – по сравнению с другими строительными материалами, и для рядового застройщика это может стать нерентабельным [15, 16].

Подтверждением того, что этот строительный материал является перспективным, является тот факт, что из него строят многоквартирные здания, одно из которых в Портленде (штат Орегон) называют самым высоким деревянным зданием в Америке, проект Carbon12 фирмы RATH Architecture – это жилой кондоминиум высотой 26 м (рис. 4). Мировой опыт подтверждает, что эта технология имеет право на существование, многие эксперты утверждают, что за ней будущее [17, 18].

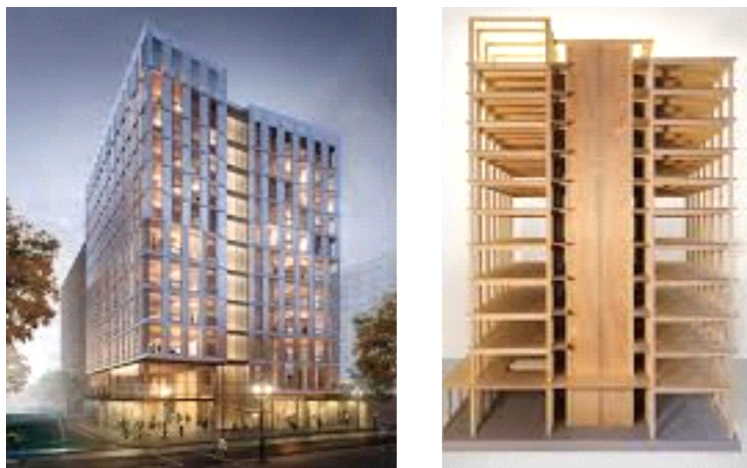


Рис. 4. Здание из CLT-панелей (Портленд, США) [19]
Fig. 4. The building of the CLT-panels (Portland, USA) [19]

Технология легкой стальной тонкостенной конструкции была разработана в 50-х гг. в Канаде. Основная причина появления данной технологии обусловлена необходимостью возведения большого количества малоэтажных домов для среднего класса, она довольно быстро приобрела характер массового применения, уменьшив, а в пригородах и городах и вовсе исключив использование каркасов из дерева из-за их высокой стоимости, подверженности гниению и воздействию насекомых – вредителей [20].

Основным фактором развития данной технологии явилась возможность промышленного, массового производства стальных профилей и доступность материала, она отличалась не только универсальностью, но и высокой эффективностью.

Одними из самых ярких примеров, подтверждающих долговечность сооружений и наглядно иллюстрирующих технологию каркасного металлостроения, являются Эйфелева башня, воздвигнутая еще в 1889 г., и Бруклинский мост в Нью-Йорке, построенный в 1883 г., это один из старейших висячих мостов в США, его длина составляет 1825 м (рис. 5).



Рис. 5. Эйфелева башня (Париж, Франция) и Бруклинский мост (Нью-Йорк, США) [21, 22]
Fig. 5. The Eiffel Tower (Paris, France) and the Brooklyn Bridge (New York, USA) [21, 22]

Легкие стальные тонкостенные конструкции являются результатом совместной работы инженеров-конструкторов, архитекторов и строителей. Даже на сегодняшний день совершенствование данного метода не стоит на месте, поскольку металл – один из самых перспективных строительных материалов для строительства домов, коттеджей, гаражей и т.д. Его популярности на рынке строительных технологий способствуют такие качества металлокаркасов ЛСТК, как технологическая простота, энергосбережение, долговечность [23, 24].

Заключение

Мировая практика применения технологий модульного строительства позволяет определить преимущества и недостатки той или иной технологии.

Достоинствами технологий модульного строительства являются: агрегирование всех видов работ; предварительная обеспечение соответствия технологических показателей нормативным требованиям; уменьшение количества возможных угроз физических или механических повреждений при использовании параллельно-последовательного метода строительства; уменьшение трудозатрат рабочих-строителей при непосредственном возведении здания или сооружения за счет предварительной заготовки конструктивных модулей, что является следствием снижения себестоимости СМР и продолжительности выполнения СМР. Также очень важным достоинством является уменьшение негативного воздействия на состояние окружающей среды [1, 25].

К недостаткам можно отнести то, что необходимые финансовые вложения являются предварительными, т.е. осуществляются до начала производства строительных работ; на текущем строительном рынке ощущается острая необходимость в модернизации производственных мощностей и технологической базы подрядных организаций [10]. Любое развитие носит перманентный характер, в частности, в области модульного строительства необходимо предпринять меры по сокращению продолжительности конкретных производственных операций и уменьшению всего производственного цикла [11]. Одной из основных задач в рамках реализации идеи модульного строительства является нахождение оптимальных путей доставки данных конструкций до площадки укрупнительной сборки [26, 27].

Рассмотрев все преимущества и недостатки, а также потенциал применения модульного строительства, можно сделать вывод, что данные технологии могут использоваться практически во всех сферах строительства [28, 29]. Учитывая необходимость увеличения

жилого фонда Российской Федерации, а также сжатые сроки реализации государственных планов, отметим, что данная технология найдет широкое применение в реализации национальных проектов, так как низкая продолжительность строительства и высокие заводские требования к качеству модулей позволят осуществить поставленные задачи должным образом [30, 31]. Однако для полноценного использования данной технологии нужно адаптировать нормативную правовую базу и закрепить необходимые положения, касающиеся модульного строительства в законодательстве Российской Федерации [32].

Библиографический список

1. 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.
2. Modular construction: From projects to products / McKinsey & Company. – 2019. – URL: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/modular-construction-from-projects-to-products> (дата обращения: 16.02.2020).
3. Сауков Д.А., Гинзберг Л.А. Современное модульное строительство // Надежность и ресурс больших систем и машин: сб. ст. VIII Всерос. Науч.-техн. конф. с междунар. участием и XVIII школы молодых ученых, IV Междунар. конф. / Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б.Н. Ельцина; Науч.-инж. центр УрО РАН. – Екатеринбург: Изд-во НИЦ «НиР БСМ» УрО РАН; Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2018. – С. 69–82.
4. Бронников П.И. Объемно-блочное домостроение. – М.: Стройиздат, 1979. – 160 с.
5. Скрипко В.Р., Марткович И.Б., Соловьев П.Г. Жилищное законодательство в СССР и РСФСР: монография. – М.: Стройиздат, 2015. – 362 с.
6. Белозерский А.М. Объемно-блочное домостроение в России // Наука и техника транспорта. – 2012. – № 3. – С. 55–59.
7. Дмитриева Н.О., Беляева А.Ю., Рукосуева Е.А. Модульное строительство как современное направление возведения малоэтажного жилья [Электронный ресурс] // Молодой ученый. – 2017. – № 15. – С. 366–370. – URL: <https://moluch.ru/archive/149/42270/> (дата обращения: 16.02.2020).
8. Ализаде С.А. Объемно-блочное домостроение: опыт и перспективы развития // Архитектура и дизайн. – 2017. – № 1. – С. 38–52.
9. Habitat 67. – URL: https://www.architime.ru/specarch/moshe_safdy/habitat_67.htm/ (дата обращения: 16.02.2020).
10. Баулина О.А., Ключин В.В. Проблемы и перспективы жилищного строительства современной России [Электронный ресурс] // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2016. – Т. 8, № 2. – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/15EVN216.pdf/> (дата обращения: 16.02.2020).
11. Cornelia Dorries, Sarah Zahradnik Container and Modular Buildings // DOM publishers. – 2016. – 252 p.
12. Генералов В.П., Петрова Е.А., Чернышева И.В. Мини-жилье как типологический элемент жилой ячейки. Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн: сб. ст. // Самар. гос. арх.-строит. ун-т. – Самара. – 2016. – С. 74–79.
13. Новое место: Капсульный отель Sleepbox Hotel Tverskaya [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.the-village.ru/village/service-shopping/service-shopping/121871-sleepbox-hotel-tverskaya/> (дата обращения: 16.02.2020).
14. Koones S. Modular Construction // Forbes. – 2019. – URL: <https://www.forbes.com/sites/sherikoones/2019/06/03/modular-construction-101/#608f4e0e2ceb> (дата обращения: 16.02.2020).

15. CLT-панели: особенности технологии, плюсы и минусы [Электронный ресурс]. – URL: <https://zen.yandex.ru/media/forumhouse/cltpaneli-osobennosti-tehnologii-pliusy-i-minusy-5ddd6334e745e8330fb1a944/> (дата обращения: 16.02.2020).
16. Kiyanenko K.V. Housing program language: Russia and the West // House building. – 2007. – Vol. 11. – P. 10–18.
17. How modular construction is changing commercial real estate // Jones Lang LaSalle (JLL). – 2019. – URL: <https://www.us.jll.com/en/trends-and-insights/cities/how-modular-construction-is-changing-commercial-real-estate> (дата обращения: 16.02.2020).
18. Carbon12. – URL: <https://www.pdxmonthly.com/articles/2017/3/20/the-future-of-portland-s-skyline-is-made-of-wood-yes-wood/> (дата обращения: 16.02.2020).
19. Groundbreaking of Mass Timber Framework Building Placed on Indefinite Hold [Электронный ресурс]. // Architectural Record. – URL: <https://www.architecturalrecord.com/articles/13556-groundbreaking-of-mass-timber-framework-building-placed-on-indefinite-hold> (дата обращения: 16.02.2020).
20. Производственно-строительный комплекс ООО «ЛСТК-Сибирь» [Электронный ресурс]. – URL: <http://lstk-sibir.ru/tag/%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F/> (дата обращения: 16.02.2020).
21. 126th anniversary of the Tour Eiffel. – URL: <http://www.bookmoda.com/en/2015/03/31/la-tour-eiffel-compie-126-anni/> (дата обращения: 16.02.2020).
22. New York Bridges and Tunnels To Get LPR and Face Recognition Technology. – URL: <https://securityelectronicsandnetworks.com/2016/10/13/new-york-bridges-and-tunnels-to-get-lpr-and-face-recognition-technology/> (дата обращения: 16.02.2020).
23. Alderton M. How Building Modular Homes Can Help Fill the Affordable-Housing Gap // Autodesk. – 2018. – URL: https://www.autodesk.com/redshift/affordable-modular-homes?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com (дата обращения: 16.02.2020).
24. Lawrence G. Motive power of changes: build the future of our cities // World of cities. – 2009. – № 3. – P. 5–6.
25. Morton J. Modular Construction: Alternative Building in a Tough Economy // Buildings. – 2011. – URL: <https://www.buildings.com/article-details/articleid/13275/title/-modular-construction-alternative-building-in-a-tough-economy> (дата обращения: 16.02.2020).
26. Generalov V.P., Generalova E.M. Problems of creating mass affordable housing in Russia // Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arhitektura [Vestnik of SSUACE. Town Planning and Architecture]. – 2014. – Vol. 4 (17). – P. 10–18.
27. Жукова Л.Г. Модульные здания // Инновационная наука. – 2017. – № 12. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modulnye-zdaniya> (дата обращения: 16.02.2020).
28. Vogler W. Modular Construction and Partial Order Semantics of Petri Nets. – Springer, 1992. – 252 p.
29. Сычев С.А. Прогнозирование инновационных решений и технологий полного строительства // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – Вып. 1 (54). – С. 97–102.
30. Woollard D. 2020 Trend: The Continued Growth of Modular Construction // Millionacres. – 2020. – URL: <https://www.fool.com/millionacres/real-estate-market/articles/2020-trend-continued-growth-modular-construction/> (дата обращения: 16.02.2020).
31. Katharine Logan Continuing Education: Modular Construction // Magazine Architectural Record. – 2019. – URL: <https://www.architecturalrecord.com/articles/14229-continuing-education-modular-construction/> (дата обращения: 16.02.2020).
32. Гранев В.В., Келасьев Н.Г. Новый этап развития проектирования, строительства и реконструкции производственных зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – Вып. 5. – С. 34–37.

References

1. Zakharova M.V., Ponomarev A.B. Opyt stroitel'stva zdaniy i sooruzheniy po modul'noy tekhnologii [Experience in the construction of buildings and structures using modular technology]. Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura, 2017, T. 8, № 1, pp. 148-155.
2. Modular construction: From projects to products. McKinsey & Company, 2019, available at: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/modular-construction-from-projects-to-products> (accessed 16 February 2020).
3. Saukov D.A., Ginzberg L.A. Sovremennoye modul'noye stroitel'stvo [Modern modular construction]. Sbornik statey VIII Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s uchastiyem RSMM i XVIII shkol molodykh uchenykh, IV Mezhdunarodnoy konferentsii. Ural'skiy federal'nyy universitet im. pervogo Prezidenta Rossii B.N. Yel'tsina; Nauchno-tekhnicheskii tsentr UrO RAN. Izdatel'stvo: NITS «NiR BSM» UrO RAN; Ural'skiy federal'nyy universitet im. pervogo Prezidenta Rossii B.N. Yel'tsina, 2018, pp. 69-82.
4. Bronnikov P.I. Ob'yemno-blochnoye zhilishchnoye stroitel'stvo [Volumetric-block housing construction]. M.: Stroyizdat, 1979, 160 p.
5. Zhilishchnoye zakonodatel'stvo v SSSR i RSFSR [Housing legislation in the USSR and the RSFSR]. Monograph. Skripko V.R., Martkovich I.B., Solov'yev P.G., Moscow, Stroyizdat, 2015, 362 p.
6. Belozerskiy A.M. Ob'yemno-blochnoye zhilishchnoye stroitel'stvo v Rossii [Volume-block housing construction in Russia]. Nauka i tekhnika transporta, 2012, № 3, pp. 55-59.
7. Dmitriyeva N.O., Belyayeva A.YU., Rukosuyeva Ye.A. Modul'noye stroitel'stvo kak sovremennoye napravleniye vozvedeniya maloetazhnogo zhil'ya [Modular construction as a modern direction in the construction of low-rise housing]. Molodoy uchenyy, 2017, №15, pp. 366-370.
8. Alizade S.A. Ob'yemno-blochnoye zhilishchnoye stroitel'stvo: opyt i perspektivy razvitiya [Volume-block housing construction: experience and development prospects]. Arkhitektura i proyektirovaniye, 2017, № 1, pp.38-52.
9. Habitat 67, available at: https://www.architime.ru/specarch/moshe_safdy/habitat_67.htm/ (accessed 16 February 2020).
10. Baulina O.A., Klyushin V.V. Problemy i perspektivy zhilishchnogo stroitel'stva sovremennoy Rossii [Problems and prospects of housing construction in modern Russia]. Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIYE», 2016, Tom 8, №2, available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/15EVN216.pdf/> (accessed 16 February 2020).
11. Cornelia Dorries, Sarah Zahradnik Container and Modular Buildings. DOM publishers, 2016, 252 p.
12. Generalov V.P., Petrova Ye.A., Chernysheva I.V. Mini-zhil'ye kak tipologicheskii element zhiloy yacheyki [Mini-housing as a typological element of a living cel. Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and Design: Sat articles]. Samar. gos. arkh.-stroit. un-t, Samara, 2016, pp. 74-79.
13. Novoye mesto: Kapsul'nyy otel' Sleepbox Hotel Tverskaya [New location: Capsule hotel Sleepbox Hotel Tverskaya]. Available at: <https://www.the-village.ru/village/service-shopping/service-shopping/121871-sleepbox-hotel-tverskaya/> (accessed 16 February 2020).
14. Koones S. Modular Construction. Forbes, 2019, available at: <https://www.forbes.com/sites/sherikoones/2019/06/03/modular-construction-101/#608f4e0e2ceb> (accessed 16 February 2020).
15. CLT-paneli: osobennosti tekhnologii, plyusy i minusy [CLT-panels: technology features, pros and cons]. Available at: <https://zen.yandex.ru/media/forumhouse/cltpaneli-osobennosti-tehnologii-plyusy-i-minusy-5ddd6334e745e8330fb1a944/> (accessed 16 February 2020).

16. Kiyanenko K.V. Housing program language: Russia and the West. House building, 2007, 11, pp. 10-18.
17. How modular construction is changing commercial real estate. Jones Lang LaSalle (JLL), 2019, available at: <https://www.us.jll.com/en/trends-and-insights/cities/how-modular-construction-is-changing-commercial-real-estate> (accessed 16 February 2020).
18. Carbon12, available at: <https://www.pdxmonthly.com/articles/2017/3/20/the-future-of-portland-s-skyline-is-made-of-wood-yes-wood/> (accessed 16 February 2020).
19. Groundbreaking of Mass Timber Framework Building Placed on Indefinite Hold, Architectural Record, available at: <http://www.architecturalrecord.com/articles/13556-groundbreaking-of-mass-timber-framework-building-placed-on-indefinite-hold> (accessed 16 February 2020).
20. Proizvodstvenno-stroitel'nyy kompleks OOO «LSTK-Sibir» [Production and construction complex LLC "LSTK-Siberia"], available at: <http://lstk-sibir.ru/tag/%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F/> (accessed 16 February 2020).
21. 126th anniversary of the Tour Eiffel, available at: <http://www.bookmoda.com/en/2015/03/31/la-tour-eiffel-compie-126-anni/> (accessed 16 February 2020).
22. New York Bridges and Tunnels To Get LPR and Face Recognition Technology, available at: <https://securityelectronicsandnetworks.com/2016/10/13/new-york-bridges-and-tunnels-to-get-lpr-and-face-recognition-technology/> (accessed 16 February 2020).
23. Alderton M. How Building Modular Homes Can Help Fill the Affordable-Housing Gap. Autodesk, 2018, available at: https://www.autodesk.com/redshift/affordable-modular-homes?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com (accessed 16 February 2020).
24. Gary Lawrence Motive power of changes: build the future of our cities. World of cities, 2009, №3, pp. 5-6.
25. Morton J. Modular Construction: Alternative Building in a Tough Economy. Buildings, 2011, available at: <https://www.buildings.com/article-details/articleid/13275/title/-modular-construction-alternative-building-in-a-tough-economy> (accessed 16 February 2020).
26. Generalov V.P., Generalova E.M. Problems of creating mass affordable housing in Russia. Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arhitektura [Vestnik of SSUACE. Town Planning and Architecture], 4 (17) (2014), pp. 10-18.
27. Zhukova L.G. Modul'nyye zdaniya [Elektronnyy resurs] // Innovatsionnaya nauka [Modular buildings]. Innovatsionnaya nauka, 2017, № 12, available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/modulnye-zdaniya> (accessed 16 February 2020).
28. Walter Vogler Modular Construction and Partial Order Semantics of Petri Nets [Modular construction and semantics of partial order Petri nets] // Springer, 1992. – 252 p.
29. Sychev S.A. Prognozirovaniye innovatsionnykh resheniy i tekhnologiy dlya sbornykh konstruksiy [Prediction of innovative solutions and technologies for prefabricated structures]. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov, 2016, Vypusk. 1 (54), pp. 97–102.
30. Woollard D. 2020 Trend: The Continued Growth of Modular Construction. Millionacres, 2020, available at: <https://www.fool.com/millionacres/real-estate-market/articles/2020-trend-continued-growth-modular-construction/> (accessed 16 February 2020).
31. Katharine Logan Continuing Education: Modular Construction. Magazine Architectural Record, 2019, available at: <https://www.architecturalrecord.com/articles/14229-continuing-education-modular-construction/> (accessed 16 February 2020).
32. Granev V.V., Kelasyev N.G. Stroitel'stvo i rekonstruktsiya zdaniy i sooruzheniy [A new stage in the design, construction and reconstruction of industrial buildings and structures]. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo, 2015, Issue. 5, pp. 34–37.