

УДК 69.05:624.011

**С. Г. Абрамян^а, Н. В. Черешнева^а, О. В. Оганесян^а, А. В. Честнова^а,
Л. И. Черешнев^а, Р. О. Петросян^б**

^а *Волгоградский государственный технический университет*

^б *Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет*

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ИЗ ОБЪЕМНЫХ БЛОКОВ-МОДУЛЕЙ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Рассмотрены основные преимущества и недостатки модульного строительства из объемных блоков-модулей с экономической и экологической точек зрения, мировая тенденция развития модульного строительства, в том числе и из крупногабаритных объемных конструкций. Особое внимание уделено вопросам нормализации применительно к модульному строительству. Отмечается, что существующие нормативные документы должны быть дополнены, так как не отражают современный уровень развития модульного строительства из объемных блоков-модулей. Приводятся основные архитектурные и конструктивные требования к строительным системам из объемных блоков-модулей, которые должны быть учтены на стадии проектирования для строительства в условиях Крайнего Севера.

Ключевые слова: модульное строительство, нормализация, монтажная и транспортная технологичности, охлаждение грунта, аркада, вентилируемые подполья.

Освоение Крайнего Севера является одним из приоритетных направлений стабильного экономического развития России в целом и, в частности — строительной отрасли, с получением выгоды в экономической, социальной и экологической сферах.

Возведение строительных систем, выполнение строительных технологических процессов в экстремальных климатических условиях Крайнего Севера осложнено низкими температурами и выраженной высокой влажностью наружного воздуха, большими ветровыми нагрузками, вечномёрзлыми грунтами и пр.

На сегодняшний день модульное строительство среди прочих строительных технологий, вне зависимости от условий производства работ, считается наиболее экономически выгодным. Во-первых, при изготовлении конструктивных модулей и объемных блок-модулей используют энергоэффективные материалы, что значительно снижает потребление электроэнергии при дальнейшей эксплуатации зданий и сооружений. Во-вторых, уменьшается срок строительства, т. к. на строительный участок в основном поступают модули (контейнеры, блоки, боксы и т. д.) с уже готовой для эксплуатации отделкой [1, 2]. В-третьих, при модульном строительстве снижается негативное влияние на окружающую среду. Подробнее основные преимущества представлены в научных трудах [3—5].

Известно, что отходы, образующиеся во время проведения строительных работ, оказывают негативное воздействие на окружающую природу. Согласно [6] почти от 10 до 30 % всех отходов свалки относятся к строительным отходам гипса, бетона, резины, блоков, асфальта и химикатов. В [7] отмечается, что на строительные процессы приходится 32 % потребления энергии, 30 % выбросов углекислого газа и приблизительно 38 % образования отхо-

дов. Отметим, что приведенные авторами [6, 7] данные относятся к традиционным технологиям строительного производства.

Авторы в [8—10] утверждают, что при модульном строительстве по сравнению с традиционным происходит значительное уменьшение количества строительных отходов, также сокращается количество транспортных циклов, перемещений строительных машин и механизмов на строительном участке, вследствие этого снижается число аварийных ситуаций и уровень шума (табл.).

Изменение значений по некоторым технологическим, организационным, экологическим параметрам и безопасности выполнения работ при модульном строительстве (составлено по данным [8, 9])

Наименование показателей	Сокращение значений показателей, %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
Отходы строительства	Не менее 70									
Количество транспортных циклов, перемещения строительных машин и механизмов	Не менее 70									
Возникновение шума при выполнении строительно-монтажных работ	30...50									
Возникновение аварийных ситуаций при выполнении строительно-монтажных работ	Более 80									
Сокращение продолжительности строительства	50...72									

Строительные системы из объемных блок-модулей (ОБМ) достаточно устойчивы к статическим, динамическим, циклическим и сейсмическим нагрузкам [7]. Поэтому правительства ряда стран считают, что важно в ближайшее время разработать и утвердить необходимые нормативные документы для проектирования и строительства зданий и сооружений различного функционального назначения с использованием ОБМ, а также рекомендации по их транспортировке до места строительства и по обучению высококвалифицированных рабочих-монтажников специфике работы с ОБМ. Ведутся активные исследования по использованию композитных материалов для улучшения свойств ОБМ.

В настоящее время, несмотря на выявленные на практике преимущества модульного строительства, по-прежнему строительство зданий и сооружений в основном выполняется традиционным способом. Это связано с недостатками модульного строительства [5, 7, 10]:

- ограничениями при планировании продолжительности доставки ОБМ и путей их следования до строительной площадки;
- низкой транспортной технологичностью;
- невозможностью выполнения работ в стесненных условиях, а также другими внеплощадочными и внутриплощадочными ограничениями;
- большой грузоподъемностью применяемых машин и грузоподъемных механизмов;
- особыми требованиями к подъездным путям на строительном участке, т. к. у ОБМ очень большой вес.

В [7] отмечается в качестве недостатка то, что расчет необходимых денежных средств является приблизительным, требующим корректировки во время строительного процесса.

Рассматривая недостатки, можно сделать вывод, что строительная отрасль остро нуждается в модернизации производственных мощностей и технологической базы подрядных организаций и в развитии модульного строительства с применением легковесных ОБМ.

Экономически выгодно при строительстве зданий и сооружений использовать крупногабаритные ОБМ с отделкой, выполненной на заводе-изготовителе. При этом сокращается количество строительных технологических процессов на строительной площадке, и соответственно — срок сдачи объекта в эксплуатацию.

Китайские исследователи [11] отмечают, что размеры выпускаемых в Китае ОБМ составляют до 5,7 м в ширину и 12 м в длину. Установлено, что большие габариты и вес ОБМ ограничивают в выборе не только способа, но и маршрута их транспортировки. Считается, что наибольшие внешние габариты полноценного модуля, которые можно транспортировать без особых затруднений, имеют ширину менее 4,5 м и длину 13 м [12].

Таким образом, большегабаритные ОБМ имеют высокую степень монтажной технологичности, но в то же время обладают низкой транспортной технологичностью, затрудняющей проведение работ в труднодоступной местности.

При вибрации, которая возникает при движении транспортного средства, доставляющего ОБМ на строительный участок, некоторые составляющие элементы ОБМ теряют заявленную прочность, также степень повреждения во многом зависит и от категории дороги. В [13] отмечается, что для минимизации проблем при транспортировке можно использовать транспортные средства, имеющие гаситель вибрации. Но это приведет к дополнительным затратам, которые снизят экономическую выгоду применения ОБМ.

США считаются страной-архитектором возведения строительных систем из ОБМ, из них построены самые разнообразные здания и сооружения, начиная от одноэтажных и заканчивая уникальными [14]. Буквально десять лет назад проекты по модульному строительству, разработанные в США, имели огромную популярность в других странах мира.

Технологии производства и применения ОБМ Франции, Германии и Италии использовались, как правило, внутри этих стран.

В России в основном применялись железобетонные ОБМ на металлическом каркасе с вертикальными покрытиями из сэндвич-панелей.

В Китае чаще всего применялись стандартные морские контейнеры многократного использования.

Великобритания занимала лидирующую позицию среди других стран мира, имея большую долю модульного строительства в общем объеме. До недавнего времени именно Великобритания господствовала на рынке производства модульных зданий из легковесных конструкций, благодаря функционированию несколько десятков предприятий, которые занимаются изготовлением легковесных блок-модулей, широко используемых при возведении как жилых, так и общественных зданий и сооружений [14].

Изучение рынка модульных строительных систем 2022—2023 гг. показывает совершенно иную ситуацию. По данным Агентства маркетинговых исследований рынков промышленности (Industrial Marketing Research Group (IMRG))¹, среди стран-поставщиков на мировом рынке модульных зданий в III кв. 2022 г. в первую десятку вошли: Китай, Италия, Нидерланды, Чехия, США и др. (рис. 1).

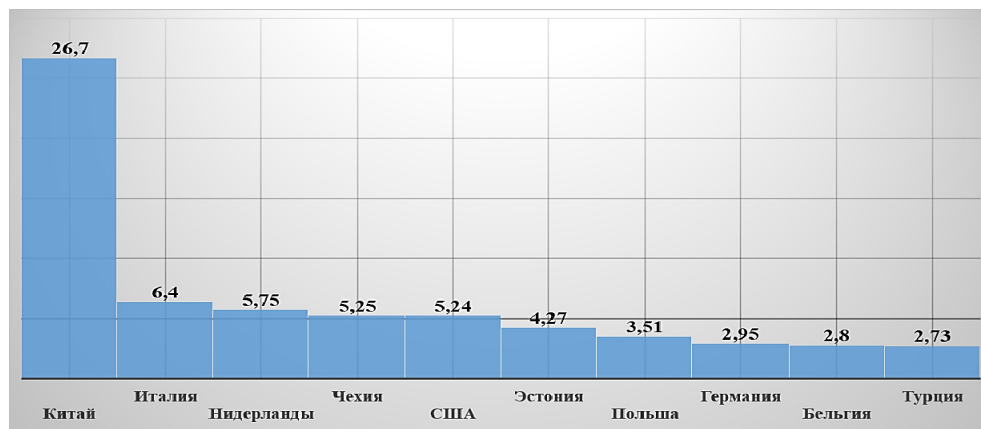


Рис. 1. Доли стран мира в продажах на мировом рынке модульных зданий в III кв. 2022 г., % (составлено авторами по данным IMRG)

В Азиатско-Тихоокеанском регионе значительную долю в производстве и использовании ОБМ имеет Китай. В связи с ростом уровня доходов китайского населения и миграцией из сельской местности в города появился спрос на жилищное строительство в стране. Повышенное внимание государственного и частного секторов к строительству доступного жилья также стимулирует сектор жилищного строительства использовать ОБМ.

Однако представленные на гистограмме данные не полностью отражают существующее положение модульного строительства в мировой строительной отрасли.

Так в Японии ОБМ широко применяются и при реконструкции строительных систем. В Австралии с 2023 до 2030 гг. планируется изменение доли модульного строительства в общем объеме строительства с 4,5 до 10 %

Российский рынок модульного строительства также высоко развит. Массовое строительство жилых зданий практически во всех индустриальных городах СССР началось после Второй мировой войны. Необходимость расселения граждан из разрушенных, ветхих домов и бараков тогда стало архиважной задачей. Интенсивность производства работ, сокращение сроков, снижение стоимости строительства можно было обеспечить за счет внедрения модульного строительства. Именно тогда появились первые заводы по крупнопанельному домостроению. Первые дома на металлическом каркасе из крупногабаритных стеновых панелей появились в 1945 г. В дальнейшем металлический каркас был заменен на железобетонный и дома стали строить,

¹ Рынок модульных зданий 2022 (2023). URL: https://www.imrg.ru/Block-modular_buildings.

используя каркасно-панельную технологию. Считается, что это некая гибридная технология модульного строительства.

В настоящее время существует классификация строительных систем быстровозводимых зданий и сооружений. Нужно отметить, что крупнопанельные и каркасно-панельные технологии домостроения независимо от применяемого материала каркаса относятся к технологиям модульного строительства из отдельных плоскостных и объемных сборочных элементов-модулей.

Подобные технологии применялись и применяются в условиях Крайнего Севера. В период начала освоения газовых месторождений в 1960-х гг. технологии модульного строительства все же были основаны на применении готовых металлических контейнеров и сборно-разборных модулей стандартных размеров, которые доставлялись на строительную площадку прямо с завода-изготовителя в разобранном пакетированном виде.

Гибридная технология совмещает применение монолитного бетона и отдельных модулей при возведении зданий и сооружений. Начало современного массового модульного строительства во всем мире связано с пандемией. Именно в этот период построены медицинские комплексы, различные поселения из ОБМ. Преимущества модульного строительства по различным показателям (затратам труда на строительной площадке, а также в заводских условиях и среднему разряду работ) в сравнении с другими технологиями возведения строительных систем рассмотрены в [15] и наглядно представлены на графике (рис. 2) и диаграмме (рис. 3).

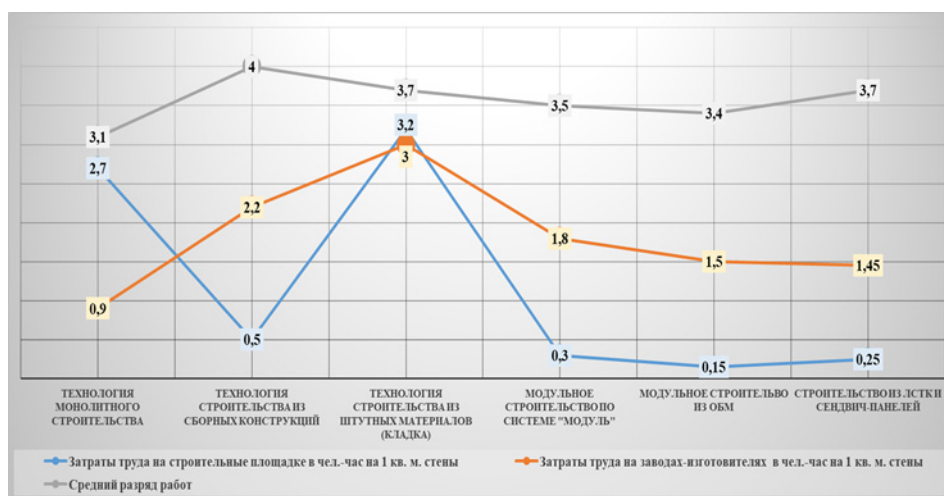


Рис. 2. Преимущества модульного строительства по сравнению с другими строительными технологиями по затратам труда и среднему разряду работ (составлено по данным [15])

Почти во всех научных публикациях отечественных и зарубежных исследователей о нормализации модульного строительства отмечается, что на современном этапе существующие нормативные документы несовершенны, а в некоторых странах они даже отсутствуют.

Под нормализацией строительного технологического процесса понимается выполнение работ по строго регламентированным нормам, стандартам и

правилам, т. е. подчинение строительных технологических процессов действующим нормативным документам.



Рис. 3. Преимущества модульного строительства в сравнении с другими строительными технологиями по степени заводской готовности, %, данные по всем технологиям, кроме модульного строительства из ОБМ, соответствуют данным [15] (выполнено авторами)

В [16] отмечается, что при активном использовании технологии модульного строительства в отечественной строительной отрасли остро стоит вопрос о необходимости развития нормативной базы данной технологии. Подчеркивается, что правильность использования технологии зависит от четкого применения нормативно-технической документации, которая должна быть разработана для всех стадий жизненного цикла строительной системы. Отмечается также, что на основе анализа многих публикаций выявлены страны, где имеется нормативно-техническая документация по внедрению модульного строительства. Это — Китай, США, Канада, Великобритания (рис. 4, б). Если сравнить представленную карту с картой на рис. 4, а, то получится, что в Германии, Скандинавских странах и Австралии, где развито модульное строительство, отсутствует нормативно-техническая документация по его реализации. Между тем по данным IMRG Германия входит в десятку стран по продажам на мировом рынке модульных зданий (см. рис. 4, а).



Рис. 4. Сравнение карт: а — по распространению и развитию модульного строительства на континентах Земли [14]; б — по нормализации модульного строительства [16]

Говоря о ситуации в России по нормализации модульного строительства в настоящее время, нужно подчеркнуть, что среди федеральных нормативных документов по модульному строительству существует СП 501.1325800.2021 «Здания из крупногабаритных модулей. Правила проектирования и строительства. Основные положения»² и в июле 2023 г. представлена первая редакция ГОСТ Р «Модульные здания и конструкции. Термины и определения. Классификация»³ который пока не утвержден.

В разработанной ГОСТ Р классификации крупногабаритные модульные здания различаются по 15 признакам, в т. ч. и по климатическим нагрузкам и воздействиям, т. е. по исполнению (северная климатическая зона (северное исполнение) и другие климатические зоны). Это означает, что в готовых крупногабаритных модулях предусмотрены все характеристики, необходимые для эксплуатации в условиях Крайнего Севера.

Представленная в новом ГОСТ⁴, классификация нуждается в дополнении, так как по признаку этажности указаны не все строительные системы из ОБМ.

Согласно [17] классификация строительных систем из ОБМ по этажности включает здания повышенной этажности и уникальные, также отсутствуют признаки классификации ОБМ как по классу долговечности здания, так и по изменению геометрических размеров в процессах транспортирования и монтажа (т. е. трансформирующиеся и нетрансформирующиеся ОБМ).

В классификации ГОСТ⁵ есть определенные несоответствия по признакам конструктивной системы и конструктивной схемы (конструктивная схема является соподчинением конструктивной системы).

Нужно подчеркнуть, что, несмотря на некоторые упущения и несоответствия, представленный в первой редакции ГОСТ Р «Модульные здания и конструкции. Термины и определения. Классификация» является информативным документом, хотя в нем не полностью отражены современные достижения науки, технологий и практического опыта по модульному строительству.

Потребность освоения территорий Крайнего Севера послужила толчком в развитии нового периода градостроительства, создания необходимой инфраструктуры, а также новых архитектурных и конструктивных требований к зданиям и сооружениям этого региона.

Российский опыт создания новых научно-исследовательских станций за Полярным кругом, разработка новых мест залегания полезных ископаемых, возведение строительных систем в условиях вечной мерзлоты внесли огромный вклад в мировую историю строительства в экстремальных условиях [18].

Освоение территорий Крайнего Севера и территорий, приравненных к ним, в настоящее время рассматривается не только с точки зрения строительства временных поселков для рабочих, приезжающих на вахту, а также для постоянного проживания с необходимыми комфортными условиями. Как от-

² СП 501.1325800.2021. Здания из крупногабаритных модулей. Правила проектирования и строительства. Основные положения // Минстрой России. М., 2021. 111 с.

³ Модульные здания и конструкции. Термины и определения. Классификация : ГОСТ Р 2023 (проект, первая редакция). М. : Стандартиформ, 2023. 22 с.

⁴ Там же

⁵ Там же

мечается в [18], нужно учитывать целый комплекс факторов (низкие температуры в течение практически всего года, резкий перепад освещенности — полярная ночь, полярный день, промерзшая до глубины почва, магнитные бури, ветры, метели и туманы), от которых зависят проектные решения для надежной эксплуатации строительных систем.

Часто строительные системы с изысканными архитектурными решениями не отвечают эксплуатационным требованиям местности строительства, поэтому очень важно учитывать опыт местных жителей данного региона при строительстве зданий и сооружений. В [19] авторы обращают внимание на то, что коренные народы Крайнего Севера строят свои жилища округлой формы, используя местный материал и легко возводимые конструкции. Эскимосы строят иглу — купольные постройки из снега и льда, специально вырытые в сугробе или сложенные из снежных блоков. Кочевники ненцы строят чумы — конусообразные дома из деревянных шестов, которые накрывают шкурами животных или брезентом. В принципе у всех народов, проживающих в экстремальных условиях или ведущих кочевой образ жизни, жилище (юрты, гэры и др.) имеет круглую форму, а верхнее покрытие — куполо- или конусообразное.

Практика показывает, что благодаря своей обтекаемой форме подобные здания меньше подвергаются ветровым нагрузкам, легко выдерживают сейсмическую нагрузку. Округлая форма позволяет сохранить полезную площадь здания с меньшими площадями вертикальных поверхностей (стен), что обеспечивает экономию материально-технических ресурсов.

Считается, что недостатком строительства купольных сооружений является сложное заполнение дверных и оконных образований. Однако современные строительные технологии позволяют изготавливать детали для окон и дверей различные по форме кривизны и размерам. Это позволяет уйти от традиционных для Крайнего Севера одноуровневых и малоразмерных строений и возвести дома любого очертания в плане и необходимой высоты, в т. ч. и при помощи ОБМ, отвечающих современным требованиям комфортности.

Тем не менее в плане конфигурация зданий, построенных в условиях Крайнего Севера, в основном имеет прямоугольную форму и лишь в редких случаях круглую или сложную. В целях устранения влияния низкотемпературных и сильных ветров кварталы имеют замкнутый контур, они компактные, с минимальными по размеру и количеству открытыми пространствами и узкими разрывами между домами. Вертикальные и горизонтальные наружные покрытия полярных строительных систем отличаются ровными и простыми линиями (лоджии и балконы должны быть остеклены), что способствует снижению снежных заносов. Здания имеют при входе двойные тамбуры и минимальное количество входов и выходов, при этом они соответствуют требованиям необходимой эвакуации людей.

При выборе цветовой гаммы фасадов строительных систем учитываются особенности местного ландшафта и стараются использовать яркие цвета и их оттенки: красные, желтые, оранжевые и т. д.

Существует мнение, особенно в интернет-ресурсах, про архитектурное однообразие строительных систем из ОБМ. В принципе это соответствует существующему фактическому положению, но не означает, что нельзя изготавливать краевые ОБМ, обеспечивающие архитектурную индивидуальность

зданий, других геометрических форм, а не только прямоугольной, согласно реализации «Стратегии инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года». Все зависит от того, какие формообразующие конструкции (опалубки) используют на заводах-изготовителях. Нельзя рассматривать в одном ракурсе возможности модульного строительства 1960-х гг. и современные технологии строительной отрасли.

Изменения в размерах, форме, узлах какого-либо изделия требуют перестройку всего конвейера⁶, что приводит к дополнительным финансовым затратам, которые со временем могут окупиться.

Относительно конструктивных особенностей необходимо отметить, что существуют два принципа, которыми руководствуются при использовании вечномерзлых грунтов в качестве основания зданий [20, 21]. Экономическое обоснование этих принципов является решающим этапом для выполнения работ.

Первый принцип основан на сохранении мерзлого грунта в первоначальном его состоянии и применяется как на стадии строительства зданий и сооружений, так и на стадии их эксплуатации путем естественного и глубинного сезонного охлаждения (подход I) и сокращения теплового воздействия строительной системы на грунты основания (подход II) [22].

Естественное сезонное поверхностное охлаждение имеет наибольшее распространение. Сущность такого охлаждения заключается в том, что поверхность под зданием охлаждается путем устройства вентилируемого подполья (ВП). То есть отсутствие снегового покрова зимой и солнечного нагрева летом делает температуру поверхности под строительной системой меньше температуры окружающей среды, в результате чего происходит охлаждение грунтов.

В качестве пространственных конструкций для устройства ВП применяются отдельные секции в виде аркад (рис. 5, а), трубы большого диаметра различной конфигурации в сечении (рис. 5, б), вентилируемые фундаменты-оболочки и т. д.

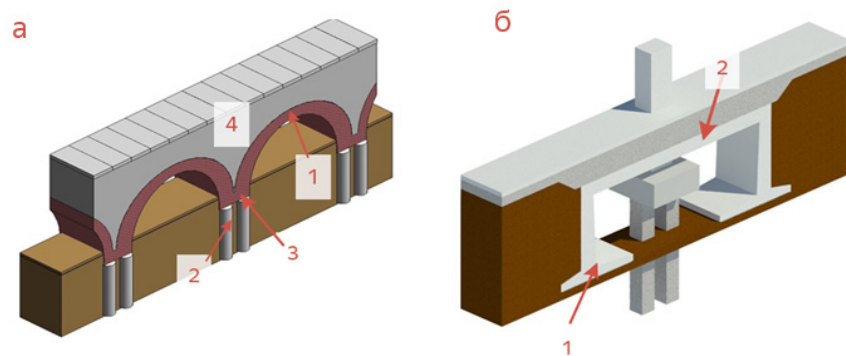


Рис. 5. Устройство вентилируемых подполей: а — охлаждение грунтов основания при помощи аркад: 1 — арки, 2 — сваи, 3 — ростверк, 4 — насыпь; б — вентилируемые каналы: 1 — железобетонная подпорная стена, 2 — плита перекрытия над каналом (выполнено по аналогии [22])

⁶ В России планируют развивать типовое модульное домостроение: рассказываем подробнее. URL: https://dzen.ru/a/ZHXq_FcA5TireSgA.

При первом принципе проектирования фундаментов используются и другие альтернативные технологии (строительство на насыпном песчаном грунте, устройство сплошного теплового покрытия и т. д.), при этом выбор технологии должен быть экономически обоснован расчетами.

Часто для достижения необходимого эффекта комбинируют несколько технологий, в т. ч. и перечисленные выше.

Второй принцип допускает протаивания грунта под зданием, при этом основными типами фундаментов являются свайные, столбчатые из бетонных блоков и на стойках с башмаком (в т. ч. стаканного типа).

По другим основным конструктивным особенностям строительные системы мало отличаются от зданий и сооружений, построенных в нормальных условиях производства работ. При этом необходимо учитывать, что конструкции должны быть сборными и крупногабаритными с простыми монтажными соединениями.

Наружные вертикальные ограждающие конструкции (стены, окна, двери), а также чердачные перекрытия должны быть выполнены из энергоэффективных строительных материалов с целью обеспечения повышенного термического сопротивления.

Основными характеристиками строительных систем, возводимых в условиях Крайнего Севера, от которых зависит принятие организационно-технологических решений, являются модульность (обеспечивает возведение зданий в кратчайшие сроки) и мобильность.

Под мобильностью подразумевается возможность транспортирования:

- объектов недвижимости (одноэтажных) в готовом или в сборно-разборном виде в новое место дислокации с помощью воздушных подушек, гусеничных лент и т. д.;
- нетрансформирующихся и трансформирующихся ОБМ на строительную площадку.

От мобильности и маневренности машин в целом зависит транспортная технологичность выполнения работ.

При проектировании модульных строительных систем из ОБМ необходимо учитывать также ряд требований по организационно-технологическим решениям, которые будут предметом другого исследования.

Строительная отрасль изучает свойства, преимущества и недостатки инновационных материалов и технологий, применение которых может обеспечить население комфортным и качественным жильем в кратчайшие сроки, с минимальными воздействиями на окружающую среду. Этим требованиям отвечает возведение зданий из ОБМ, в т. ч. на Крайнем Севере, освоение которого является одним из приоритетных направлений устойчивого развития как строительной отрасли [23], так и стабильного экономического развития России.

В заключении отметим, что научная новизна данной статьи состоит в многоаспектности рассмотрения проблем и задач возведения строительных систем из ОБМ, в т. ч. в условиях Крайнего Севера. Рассмотренные основные преимущества строительства из ОБМ (монтажная технологичность, устойчивость к различным нагрузкам на стадиях строительства и эксплуатации, экологичность и др.) не обеспечивают активное использование и дальнейшее развитие технологии модульного строительства. Решение данной задачи

должно быть основано на разработке новых и совершенствовании существующих нормативных документов, проектировании и производстве энергоэффективных ОБМ с использованием предложенных рекомендаций.

На современном этапе развития технологий быстровозводимых зданий модульное строительство является наиболее ресурсосберегающим, хотя требуются новые исследования по применению композитных материалов, обеспечивающих легковесность конструкций, прогрессивные решения по узловым соединениям, гарантирующим высокую монтажную технологичность и надежную эксплуатацию строительных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Vatin N. I., Sinelnikov A. S., Cisse M., Vasileva I. L.* Base's structure of Prefabricated Sanitary Module: erection and life stages // *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2021. Vol. 99. Iss. 5. Pp. 9803—9803. DOI: 10.4123/CUBS.98.3.
2. *Амбарцумян С. А., Мецгеряков А. С.* Способ изготовления крупногабаритного готового объемного модуля и способ строительства здания из крупногабаритных готовых объемных модулей: патент 2 712 845(13) С1. РФ : МПК В28В 5/00 (2006.01). № 2018142384.
3. Numerical study on the effects of diaphragm stiffness and strength on the seismic response of multi-story modular buildings / S. Srisangeerthan, M. J. Hashemi, P. Rajeev, E. Gad, S. Fernando // *Engineering Structures*. 2018. Vol. 163. Pp. 25—37.
4. *Lawson M., Ogden R., Goodier C.* Design in modular construction. CRC Press, 2014. P. 255.
5. *Захарова М. В., Пономарев А. Б.* Опыт строительства зданий и сооружений по модульной технологии // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Т. 8. № 1. С. 148—155. DOI: 10.15593/2224-9826/2017.1.13.
6. *Li Y., Zhang X.* Web-based construction waste estimation system for building construction projects // *Autom Construction*. 2013. Vol. 35. Pp. 142—56.
7. *Pons O.* Assessing the sustainability of prefabricated buildings // *Eco-efficient Construction Build Mater*. 2014. Pp. 434—456.
8. *Kamali M., Hewage K.* Life cycle performance of modular buildings: a critical review // *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 62. Pp. 1171—1183.
9. *Lawson R. M., Ogden R. G., Bergin R.* Application of modular construction in high-rise buildings // *Journal Archit Engineering*. 2012. Vol. 18. Pp. 148—154.
10. *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 // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса: сб-к трудов международной науч.-практ. конф. Волгоград, 2020. С. 138—142.
11. Modularization technology development prospects / Y. Wei, D. F. Wang, J. Y. Liu, C. L. Yu, T. Cheng, D. G. Zhang // *Appl Mech Mater*. 2014. Vol. 509. Pp. 92—105.
12. *Green E., Forster W. P.* More better: an evaluation of the potential of alternative approaches to inform housing delivery in Wales. // Cardiff 2017. URL: <http://orca.cf.ac.uk/98055/7/MORE%20BETTER%20report%20FINAL%20Ed%20Green%20revD>.
13. Vibration reduction in a variable displacement engine using pendulum absorbers / T. M. Nester, A. G. Haddow, S. W. Shaw, J. E. Brevick, V. J. Borowski // *SAE Technical Paper*. 2003. URL: <https://ru.scribd.com/document/339017118/Nester-Etal-MI03>.
14. *Абрамян С. Г.* Строительные энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии: монография. М. : Русайнс, 2022. 286 с.
15. *Талинин Ю. И., Талинин В. Ю.* Новые технологии возведения модульных зданий из морских контейнеров // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2022. № 51(20). С. 191—200.
16. *Дементьев Н. 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. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_37__3_dementyev_volkodav.pdf_ad2ab095ed.pdf.
17. *Абрамян С. Г., Бурлаченко О. В., Галда З. Ю.* Объемные блок-модули как разновидность модульных конструкций быстровозводимых строительных систем // Вестник Волгоград-

ского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2021. Вып. 1(82). С. 5—13.

18. *Калинина Н. С., Морозов Н. В.* Архитектурные, технические и дизайнерские особенности проектирования жилых и общественных зданий в условиях Крайнего Севера // Системные технологии. 2019. № 32. С. 40—46.

19. *Овсянников С. И., Родионов А. С.* Обоснование эффективных строений для Крайнего Севера // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. Т. 3. № 1. С. 107—114.

20. *Куценко Т. В., Бъядовский Д. А., Блинов С. А.* Строительство в арктическом регионе. Возможности и перспективы // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2019. № 3(4). С. 271—282.

21. *Охлопкова Т. В., Гурьянов Г. Р., Плотников А. А.* Строительство и проектирование зданий и сооружений в условиях вечной мерзлоты // Инженерный вестник Дона. 2018. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5258.

22. *Плотников А. А., Гурьянов Г. Р.* Современные методы охлаждения многолетнемерзлых грунтовых оснований многоэтажных жилых зданий // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. Вып. 5. С. 535—544. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.5.535-544.

23. *Абрамян С. Г., Оганесян О. В.* Устойчивое развитие и экологическая безопасность строительства зданий и сооружений: техногенные факторы, воздействующие на атмосферу. Ч. I // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 42(61). С. 202—210.

© *Абрамян С. Г., Черешнева Н. В., Оганесян О. В., Честнова А. В., Черешнев Л. И., Петросян Р. О., 2024*

*Поступила в редакцию
в январе 2024 г.*

Ссылка для цитирования:

Особенности строительства зданий и сооружений из объемных блоков-модулей в условиях Крайнего Севера / С. Г. Абрамян, Н. В. Черешнева, О. В. Оганесян, А. В. Честнова, Л. И. Черешнев, Р. О. Петросян // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 1(94). С. 102—114. DOI: 10.35211/18154360_2024_1_102.

Об авторах:

Абрамян Сусанна Грантовна — канд. техн. наук, доц., доц. каф. технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; susannagrants@mail.ru; ORCID: 0000-0002-3938-1096, РИНЦ ID: 589709, Scopus ID: 6508040964, Researcher ID: C-7099-2016

Черешнева Нурия Варисовна — доц. каф. урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; nurcher70@mail.ru; РИНЦ ID: 572216

Оганесян Оганес Валерьевич — аспирант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ogoganesyan@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2050-2302, РИНЦ ID: 853422, Scopus ID: 57196038412

Честнова Анна Владимировна — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; anna.chestnova@gmail.com, ORCID: 0000-0008-7214-8641

Черешнев Леонид Игоревич — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; leonidchereshnev@gmail.com; ORCID: 0009-0006-5006-4776, РИНЦ ID: 1209600

Петросян Роберт Овикович — магистрант, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (МГСУ). Российская Федерация, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; r-petrosyan0307@mail.ru; ORCID: 0000-0003-0457-6704, РИНЦ ID: 1209583

**Susanna G. Abramyan^a, Nuria V. Chereshneva^a, Oganess V. Oganessyan^a,
Anna V. Chestnova^a, Leonid I. Chereshnev^a, Robert O. Petrosian^b**

^a *Volgograd State Technical University*

^b *Moscow State University of Civil Engineering*

SPECIFICS OF ARCTIC CONSTRUCTION PROJECTS USING MODULAR BUILDING BLOCKS

The principal advantages and drawbacks of modular construction with three-dimensional building blocks are discussed from an economic and environmental standpoints, the global trends of modular construction development are explored, including the use of large-size three-dimensional structures. Special attention is paid to the normalization issues as applied to modular construction. It is pointed out that the existing regulatory documents are required to be supplemented as failing to represent the state of the art in terms of modular construction with three-dimensional building blocks. The key architectural and design requirements are listed for construction systems made of three-dimensional modules to be considered in the engineering phase of Arctic construction projects.

Key words: modular construction, normalization, installation and transportation adaptability, soil cooling, arcade, ventilated crawl spaces.

For citation:

Abramyan S. G., Chereshneva N. V., Oganessyan O. V., Chestnova A. V., Chereshnev L. I., Petrosian R. O. [Specifics of Arctic construction projects using modular building blocks]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2024, iss. 1, pp. 102—114. DOI: 10.35211/18154360_2024_1_102.

About authors:

Susanna G. Abramyan — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU), 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; susannagrants@mail.ru; ORCID: 0000-0002-3938-1096, Scopus ID: 6508040964, Researcher ID: C-7099-2016

Nuria V. Chereshneva — Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; nurcher70@mail.ru

Oganess V. Oganessyan — Postgraduate student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; ogoganessyan@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2050-2302, Scopus ID: 57196038412

Anna V. Chestnova — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; anna.chestnova@gmail, ORCID: 0000-0008-7214-8641

Leonid I. Chereshnev — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; leonidchereshnev@gmail.com; ORCID: 0009-0006-5006-4776

Robert O. Petrosian — Master's Degree student, Moscow State University of Civil Engineering (MGSU); 26, Yaroslavskoe highway, Moscow, 129337, Russian Federation; r-petrosyan0307@mail.ru; ORCID: 0000-0003-0457-6704