

МОБИЛЬНАЯ МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ РЕГИОНОВ

Ольга Владимировна Воличенко^{1,2}, Сергей Николаевич Огородников², Иван Халиль²

¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Российская Федерация;

² Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы (РУДН); г. Москва, Российская Федерация

Освоение территорий Крайнего Севера в настоящее время является одной из приоритетных задач внутренней политики нашего государства. Мобильное и адаптивное жилище, быстро собираемое и возводимое из модульных конструкций может использоваться как в производственных поселках для проживания, так и в туристических целях. Туризм в арктических зонах Крайнего Севера становится быстроразвивающимся сегментом рынка. Поэтому нуждается в комфортных и удобных отелях-кемпингах, используемых в условиях низких температур. Разработка мобильной модульной системы опирается на проведенное исследование, в результате которого были выявлены принципы, влияющие на проектирование модульных жилых единиц в труднодоступных регионах Крайнего Севера. Опыт работ, раскрывающий проблемы освоения Крайнего Севера, использовался для решения вопросов логистики, обеспечения энергоэффективности и урегулирования экологических аспектов строительства. Транспортировка и сборка модульных блоков — одна из важнейших задач, стоящая перед проектировщиком, в качестве основного средства доставки модульной единицы рассматриваются достоинства и недостатки контейнерных перевозок. Акцентируется, что сборка и установка модуля производится без привлечения крупной строительной техники, данный показатель позволяет использовать модульные системы в труднодоступной местности.

На основе полученных данных разработана экспериментальная ячейка модульной системы с вариантами ее использования. В статье описываются методы транспортировки и сборки, а также конструктивные особенности предложенной модели. Особое внимание уделено автономности модуля и экологическим аспектам строительства и эксплуатации. Для проектирования конструктивных элементов и пирогов ограждающих конструкций использовались реализованные аналоги и данные расчетов компьютерных программ.

Ключевые слова: модульность, жилое строительство, арктические зоны, мобильная архитектура, экологические принципы, художественные принципы

Для цитирования: Воличенко О.В., Огородников С.Н., Халиль И. Мобильная модульная система для труднодоступных регионов // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 2. С. 76–86. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.2.76-86

MOBILE MODULAR SYSTEM FOR INACCESSIBLE REGION

Olga V. Volichenko^{1,2}, Sergey N. Ogorodnikov², Ivan Khalil²

¹ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); Moscow, Russian Federation;

² P. Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (RUDN); Moscow, Russian Federation

The development of the territories of the Far North is currently one of the priority tasks of the domestic policy of our country. Mobile and adaptive housing, quickly assembled and erected from modular structures can be used both in industrial settlements and for tourism purposes. Tourism in the Arctic zones of the Far North is becoming a rapidly developing market segment. Therefore, it needs comfortable and convenient hotels-campings suitable for low temperatures. The development of a mobile modular system is based on the research conducted, which revealed the principles that affect the design of modular residential units in hard-to-reach regions of the Far North. The experience of work, revealing the problems of developing the Far North, was used to solve logistics issues, ensure energy efficiency and regulate environmental aspects of construction. Transportation and assembly of modular units is one of the most important tasks facing the designer; the advantages and disadvantages of container transportation are considered as the main means of delivery of a modular unit. It is emphasized that the assembly and installation of the module is carried out without the involvement of large construction equipment, this indicator allows the use of modular systems in hard-to-reach areas.

Based on the data obtained, an experimental cell of the modular system with options for its use was developed. The article describes the methods of transportation and assembly, as well as the design features of the proposed model. Particular attention is paid to the autonomy of the module and the environmental aspect of construction and operation. Implemented analogs and computer program calculation data were used to design structural elements and enclosing structure pies.

Keywords: modularity, residential construction, arctic zones, mobile architecture, environmental principles, artistic principles

For citation: Volichenko O.V., Ogorodnikov S.N., Khalil I. Mobile modular system for inaccessible region. Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology. 2024; 2:76-86. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.2.76-86 (rus.).

Введение

Растущая востребованность качеств адаптивности, трансформируемости и мобильности в совокупности с высокими стандартами XXI в., предъявляемые к жилым зданиям: уровню комфорта, энергоэффективности, типов строительных материалов и т.п., стимулируют развитие жилой архитектуры модульного типа. Функциональный компактный модуль, предлагая лаконичное и выразительное объемно-пространственное решение, одновременно сводит к минимуму воздействие на окружающую среду. Небольшие габариты и площадь требуют меньшего количества ресурсов для его изготовления, транспортировки и обслуживания, одновременно поощряя устойчивый образ жизни.

Территория Крайнего Севера занимает примерно 70 % всей площади Российской Федерации. К ней относятся «районы республик Алтай, Бурятия, Карелия, Коми, Тыва, Забайкальского, Красноярского, Хабаровского, Пермского, Приморского краев, Амурской, Архангельской, Иркутской, Сахалинской, Томской, Тюменской областей, Ханты-Мансийского автономного округа — Югры, а также вся территория Республики Саха (Якутия), Магаданской, Мурманской областей, Ненецкого, Чукотского, Ямало-Ненецкого автономных округов и весь Камчатский край»¹. Более того, здесь «сконцентри-

рованы практически все направления национальной безопасности нашей страны: экологическое, ресурсное, военное, политическое, технологическое» [1]. В соответствии с текущей Стратегией², основными направлениями становятся сохранение человеческого капитала, улучшение качества жизни жителей Арктической зоны через развитие социальной сферы, изменение городского окружения и модернизацию инфраструктуры (рис. 1).

Как известно, ценность Крайнего Севера в первую очередь связана с практически неисчерпаемыми запасами полезных ископаемых и сырья, однако в последние годы не меньший интерес представляет собой транспортно-логистический потенциал региона и сфера экстремального и этнического туризма. В последние годы все активнее идет развитие Северного морского пути, чрезвычайно перспективного торгового маршрута, формирующего новые пути из Азии в Европу. Кроме того, на фоне роста энергопотребления в масштабах страны стала экономически оправдана добыча газа и нефти арктического шельфа. В совокупности приведенные факторы формируют острую необходимость в стимулировании развития городов и инфраструктуры Русского Севера с целью создания основы для дальнейшего развития российской экономики и ее диверсификации [2–4]. Особое положение Северных регионов

¹ Об утверждении перечня районов Крайнего Севера и местностей, приравненных к районам Крайнего Севера, в целях предоставления государственных гарантий и компенсаций для лиц, работающих и проживающих в этих районах и местностях, признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации и признании не действующими на территории Российской Федерации некоторых актов Совета Министров СССР : Постановление Правительства Российской Феде-

рации от 16 ноября 2021 г. № 1946. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_400590/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/ (датаобращения: 24.03.2024).

² Стратегия социально-экономического развития Арктической зоны Республики Саха (Якутия) на период до 2035 года, утвержденная указом главы Республики Саха от 14 августа 2020 г. №1377. URL: <https://www.sakha.gov.ru/news/front/view/id/3204989> (дата обращения: 24.03.2024).



Рис. 1. Карта сухопутных территорий Арктического и Субарктического пояса

РФ отражено и в документах по стратегии освоения Арктической зоны³. Основные принципы данной стратегии — это постоянное пребывание человека и повышение уровня жизни на этих территориях. В дополнение к вышеперечисленному признается необходимость более гуманистического подхода в вопросе формирования городской среды.

Несмотря на перспективы активного развития, в недавнем прошлом районы Крайнего Севера характеризовались стагнацией экономики, энергетическим и социальным кризисом. Данные риски должны быть учтены при освоении региона и требуют создания гибкой и адаптивной модели освоения, способной оперативно приспосабливаться к текущим задачам и нуждам. Изменение подхода к освоению территорий Арктической зоны РФ может способствовать регенерации региона и его развитию в рамках новой социальной и экономической парадигмы. Это также позволяет снизить нагрузку на федеральный бюджет и улучшить экологическую ситуацию, задавая новый уровень жизни на столь отдаленных территориях. В советское время основополагающей моделью освоения северных районов было интенсивное строительство крупных промышленных центров на арктических территориях с единовременным формированием архитектурно-градостроительной среды. Однако начиная с последнего десятилетия XX в. происходит смена приоритетных установок: больше внимания стало уделяться внешним поставкам, что привело к утрате комплексности в развитии поселений и сказалось на качестве социальной инфраструктуры и жизни горожан. Методы освоения Арктики в условиях рыночной экономики приобретают первостепенное значение. «Вахтовый» метод освоения, не требующий больших финансовых вложений в развитие инфраструктуры населенных мест, становится приоритетным. Тем не менее метод комплексного развития социально-экономического планирования города, направленный на повышение комфортности городской среды, вновь актуализируется из-за необходимости геополитического закрепления РФ в Арктике. Таким образом, самым оптимальным методом освоения Крайнего Севера в настоящий момент является система, выстроенная на балансе вахтового и комплексного освоения территории [5]. Наиболее рациональным типом жилья для вахтового метода освоения территорий является мобильная модульная система, что также повышает актуальность данного исследования для территорий Крайнего Севера.

³ О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года (с изменениями и дополнениями) : Указ Президента РФ от 26 октября 2020 г. № 645. URL: <https://base.garant.ru/74810556/> (дата обращения: 24.03.2024).

Методология исследования

В северных условиях жилье дома, разработанные по модульной технологии, обладают достаточно высоким уровнем комфорта при минимальных затратах на строительство. Вахтовое освоение районов Крайнего Севера прочно утвердилось начиная с 70-х гг. XX в., когда рабочие, проживая длительное время в арктическом центре, выезжают в короткие командировки в поселки вахтового типа. Поэтому возникает необходимость во внедрении в городскую структуру быстровозводимых жилых зданий, обеспечивающих удобство проживания, позволяя арктическим городам быстро реагировать на приток и отток населения. Методы освоения территорий Крайнего Севера подробно, а также и принципы реновации арктических субцентров предлагает профессор МАРХИ Е.В. Барчугова, член авторского коллектива экспериментального проектирования [6]. На основе углубленного анализа сложившихся проблем и особенностей развития Русской Арктики была выдвинута модель адаптированной градостроительной системы, учитывающая климатические особенности, социальную инфраструктуру и динамику изменения численности населения северных городов. Предлагаемый жилой блок имел следующую структуру:

- ветрозащитные здания (особые типы зданий до 9 этажей для защиты от ветра);
- стандарт (жилой дом средней этажности — основной тип жилья в арктическом городе);
- мобильное жилье (легкие сборные жилые модули для эффективного регулирования плотности населения в городе).

Гибкость данной системы в первую очередь достигается именно за счет блока с модульным домостроением, что подчеркивает актуальность поставленной задачи. «Только гибкая, адаптивная система способна на сегодняшний день отвечать постоянно меняющимся условиям региона и обеспечить максимально возможный уровень комфорта для его жителей» [6].

Одним из многообещающих рычагов будущего экономического развития территорий Арктического региона может стать туризм. Растущий интерес к северным областям, которые «населяют более 40 коренных народов, обладающих уникальной культурой, адаптированной к суровым климатическим условиям» [7]. Таким образом, в Арктике на процесс формирования и развития туризма оказывают природная и этнокультурная составляющие⁴. Туризм является движущей силой не только для развития социальной инфраструктуры городов, формиро-

⁴ Логунцова И.В. Особенности развития туризма в Арктической зоне России // Государственное управление. Электронный вестник. 2021. Т. 87. С. 39–47. URL: pa/article/view/148 (дата обращения: 24.03.2024).

вания комфортной среды, диверсификации экономической модели компаний, но и для всех слоев населения (рис. 2). Поэтому такому динамично развивающемуся региону как Арктика необходимы новые архитектурные проекты, способные поддерживать развитие региона, особенно в таких перспективных и развивающихся сферах, как туризм.

Появляется потребность и необходимость в разработке мобильных модульных жилых домов для туристов. Если раньше Север и Арктику посещали в основном иностранцы, то сейчас и российские путешественники начали открывать для себя эти регионы. Россия достаточно сильно отставала в северном и арктическом туризме по сравнению с другими странами. Например, по данным на 2014 г., количество туристов, посетивших Русский Север, составило 32 тысячи, в то время как в Гренландии — более 200 тысяч [8]. Несмотря на это, с каждым годом Россия неуклонно повышает востребованность северного туризма, так, в 2023 г. рост туристического потока составил уже 41 %.

Один из исследователей мобильности и модульного освоения пространства Арктики В.Н. Давыдов

в качестве простейшего готового модуля, обладающего качествами мобильности, рассматривал контейнер [9]. Он отмечает, что мобильность контейнера соответствует необходимости перемещения людей, выполняя функцию, схожую с мобильным жилищем кочевников. Трансформируемость контейнера выражается в способности использования и адаптации его пространства под различные назначения (жилое, хозяйственное, административное и т.п.). Модули контейнеров, состыковываясь друг с другом, могут динамически развиваться как по горизонтали, так и по вертикали. Таким образом, контейнер — это «незавершенный проект», который преобразовывается и модифицируется в зависимости от потребностей [9]. Модульные дома для туристов, в отличие от контейнеров, имеют заводское изготовление и не требуют последующей доработки (установки перегородок, прорезания дверных и оконных проемов и т.п.).

Разработка проекта модульной единицы (ячейки) для туристов по сравнению с модулем для вахтенных рабочих имеет целый ряд преимуществ. Во-первых, простота ввода в эксплуатацию — запу-



Рис. 2. Схема организации поселений на Крайнем Севере [9]: 1 — жилое ядро; 2 — мобильное жилье; 3 — научно-образовательный и общественный центр; 4 — административный центр; 5 — объекты энергоснабжения; 6 — городской парк; 7 — пассажирский причал; 8 — грузовой причал; 9 — судоремонтные цеха; 10 — портовая складская зона

стить тестовые модели модульных домов для туристов значительно проще ввиду меньших объемов в сравнении с вахтовым поселком и большого интереса со стороны инвесторов, так как бюрократические процедуры крупных компаний, занимающихся освоением севера, значительно затягивают процесс. Во-вторых, туристы заинтересованы в архитектуре, отражающей культурный код местности, более того, туристические модули требуют большей проработки и комфорта в сравнении с модулями для вахтовых поселков. При адаптации модуля намного проще оптимизировать модель с повышенным уровнем комфорта нежели наоборот. Модуль (и ландшафт, где он расположен) не стоит воспринимать как статичную и замороженную во времени вещь. Его отличает особая темпоральность, связанная с более длительным пребыванием в конкретной точке пространства, а также концентрацией данного модуля в интенсивно используемых местах [9].

На основе этих факторов можно говорить о грядущем коренном переустройстве урбанизированных территорий Севера, которые, несомненно, нуждаются в системном подходе, учитывающем текущие задачи, потенциальные запросы, объективные ограничения и накопленный опыт формирования и развития городов и населенных пунктов Крайнего Севера, а также «комплексного освоения территорий в целях адаптации российских городов к вызовам современности и повышения их привлекательности для притока человеческого капитала» [10]. Таким образом, оптимальный жилой дом для севера должен быть:

- максимально рациональным и простым, решая проблемы расширения (при повышении температур) и сжатия (при понижении) конструкций; адаптация к циклам расширения или сжатия — одна из главных проблем строительства в условиях Крайнего Севера;
- автономным и энергоэффективным, предполагая внедрение энергосберегающих технологий и приборов для минимизации потребления энергии. Создание сверхэнергоэффективных домов благодаря превосходной изоляции, герметичной конструкции и контролируемой вентиляции;
- построен в соответствии с экологичной концепцией, которая способствует снижению нагрузки на окружающую среду, содействует устойчивому образу жизни и создает более здоровую и комфортную среду в жилых помещениях.

Результаты

На основании анализа особенностей строительства в условиях Крайнего Севера была разработана система модульного мобильного жилого дома. Основная задача, решаемая при создании жилой единицы, опираясь на опыт мировой и отечествен-

ной практики, — актуализировать данный объем для климатических условий северных регионов страны, формируя уникальную и узнаваемую идентичку края.

Возможность полной сборки в заводских условиях является одной из значимых характеристик модульного объекта. Заводская сборка гарантирует:

- высокий уровень качества всех составляющих компонентов;
- стабильность и долговечность службы всех конструктивных узлов в процессе эксплуатации;
- оптимизацию процессов изготовления и сроков реализации проектов;
- повышение энергоэффективности, экономичности и сокращения времени строительства.

Транспортировка модульной конструкции на место установки — существенный фактор, стоящий перед проектировщиком. Во многих случаях модульные системы доставляются при помощи тяжелой техники, что делает невозможным их установку в труднодоступных местах; либо перевозятся по частям, что также усложняет процесс сборки и нередко снижает ее качество. Поэтому в данном исследовании фактор транспортировки является отправной точкой проектирования.

Транспортировка. Доставку модульной системы на площадку, находящуюся на удаленном участке Крайнего Севера, можно осуществить с помощью грузового контейнера. Транспортировка в грузовых контейнерах — это эффективный и стандартизированный метод, завоевавший широкую популярность в мировой логистике по нескольким весомым причинам. Во-первых, использование грузовых контейнеров является распространенной мировой практикой, которая обеспечивает эффективность, стандарт и надежность грузоперевозок по всему миру. Грузовые контейнеры имеют общие стандартные размеры и структуру, которая позволяет им легко перемещаться между разными видами транспорта, такими как суда, поезда, грузовые автомобили и вертолеты, значительно упрощая и ускоряя процесс перевозок. Во-вторых, грузовые контейнеры предоставляют надежную защиту груза от внешних воздействий, таких как погодные условия, повреждения, кражи и воздействие климатических факторов. Прочный материал изготовления — металл — обеспечивает сохранность груза в течение всего транспортного пути. Помимо этого, контейнеры обычно оснащены системами безопасности и трекинга, что позволяет отслеживать и контролировать местоположение груза в режиме реального времени, что повышает безопасность и контролируемость транспортировки [11].

Одним из недостатков контейнерных перевозок являются габаритные ограничения, оказывающие прямое влияние на параметры модульной системы.

Грузовые контейнеры в соответствии со стандартами, установленными Международной организацией по стандартизации (ISO), имеют длину 20 и 40 футов (табл.). Эта стандартизация обеспечивает совместимость между различными видами транспорта и упрощает глобальные перевозки.

Габариты грузовых контейнеров

Тип	Длина, м	Ширина, м	Высота, м
20-футовый контейнер	6,06	2,44	2,59
40-футовый контейнер	12,19	2,44	2,59

Проектируемая модульная система основывается на габаритах грузовых контейнеров, используя их стандартные размеры как строительный модуль для сборки различных типов модульных единиц (ячеек) жилого дома. Для проработки деталей здания была построена 3D-модель грузового контейнера и модульного блока в реальную величину, на основе которой подбирались наиболее оптимальные варианты упаковки модулей в контейнер и их размеры. В результате эмпирических исследований, удовлетворяющих все заданные условия, был отобран вариант с вертикальным размещением сложенных модулей со стороны одного блока, равной 2,5 м. По такой системе можно разместить 6 разобранных модулей в один контейнер, что соответствует более чем 30 кв. м жилой площади. Для оптимизации строительства также был предложен укрупненный модуль с габаритными размерами 2,5 × 5 м, что в 2 раза больше стандартного. Укрупненный модуль дает большую гибкость и разнообразие планировочных решений. В грузовой контейнер помещается три укрупненных модуля со всеми необходимыми деталями и элементами мебели.

Особенности сборки. Проектируемая строительная система, как уже отмечалось выше, дает возможность осуществлять сборку без привлечения крупной строительной техники, что особенно важно для труднодоступных локаций. Благодаря этой простоте и удобству использования обученный основам сборки рабочий-монтажник без овладения сложных специализированных навыков сможет эффективно собрать полноценный жилой модуль (рис. 3).

Первым этапом сборки является установка основания, на данном этапе возможен целый ряд архитектурных решений, позволяющих сделать данную модульную систему индивидуальной, отвечающей потребностям, вызовам и культурному коду каждой локации, в которой она может быть размещена. Для дальнейшего рассмотрения остановимся на основании в виде треугольной металлической опоры, в которой можно увидеть семантический образ

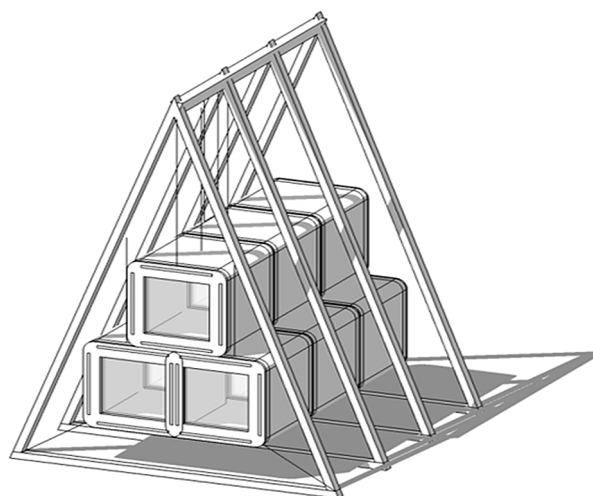


Рис. 3. Проектное предложение модульной системы

чума, шалаша, вигвама и т.д. Более того, для участков с сильными ветровыми нагрузками расширяющееся книзу основание треугольника добавит структуре устойчивости, а подвесная система крепления поможет снизить сопротивление ветру [12, 13]. Помимо сопротивления ветровым нагрузкам решение с подвесными модулями аргументировано необходимостью обеспечения продуваемости грунтов, находящихся в зоне вечной мерзлоты.

После установления опор начинается процесс сборки модульных жилых единиц в желаемой конфигурации, что позволяет создавать разнообразные очертания планов зданий. Модули могут быть соединены между собой как по горизонтали, так и вертикали, обеспечивая прочность и устойчивость конструкции. Дополнительные элементы, такие как стены, кровля, оконные и дверные проемы, могут быть интегрированы для создания полноценных помещений. Процесс сборки начинается с раскрытия конструктивной основы модуля, которая представляет собой скрепленные в углах шарнирным соединением панели, формирующие ограждающие конструкции модуля: стены, пол и потолок (рис. 4).

После этого для заполнения угловых стыков и дополнительной фиксации конструктивной рамы в пазы панелей вставляются замковые уголки. В случае если объект строительства состоит из нескольких модулей, то на следующем этапе начинают состыковываться дополнительные секции в желаемой конфигурации. На данном этапе большая часть работы сводится к соединению модулей между собой. По результатам экспериментального исследования в программах 3D-моделирования данное решение является оптимальным по соотношению «прочность конструкции – простота сборки», более того, установка деталей и пазовый метод крепления сводит к минимуму использование дополнительных креплений.

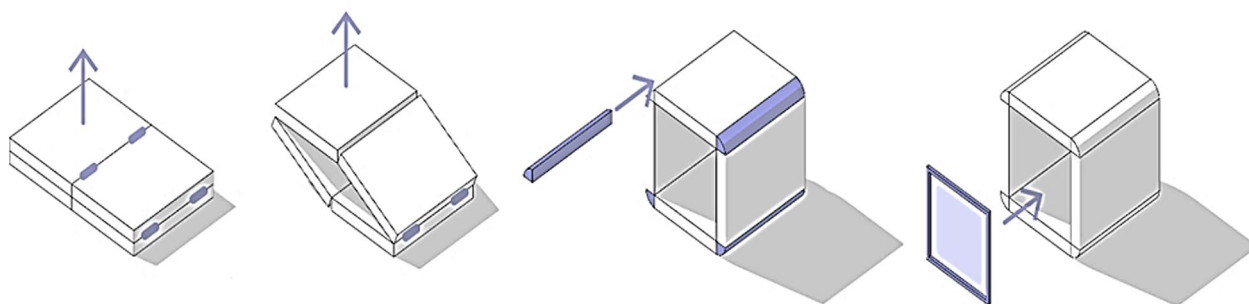


Рис. 4. Этапы сборки модуля

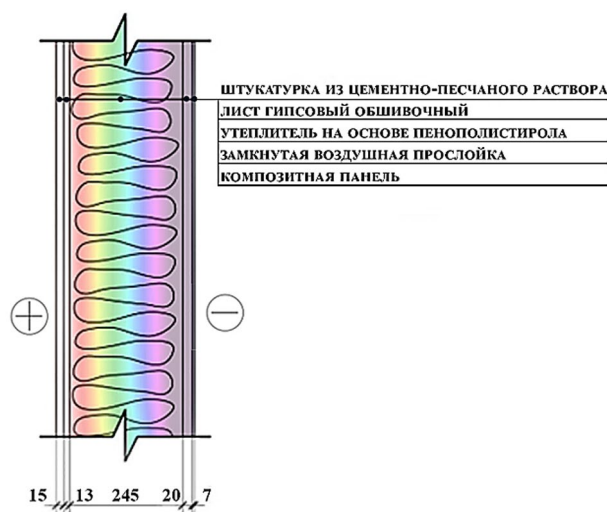


Рис. 5. «Пирог» наружной стены с изотермами

Толщина стены модуля принималась равной 320 мм, где 220 мм — это внутренний утеплитель на основе пенополистирола с коэффициентом теплопроводности 0,028 Вт/мк. Данные показатели были получены в результате теплорасчета для города Норильска в программе AnTherm (рис. 5).

Соединение модулей проводится по горизонтали и вертикали с использованием предварительно предусмотренных точек крепления и отверстий в местах стыков, что обеспечивает стабильность и прочность конструкции. Когда желаемая конфигурация собрана, необходимо установить дополнительные крупные планировочные элементы, такие как лестницы, переходы, внутренние дверные проемы и крупную мебель. После окончания предыдущего этапа вставляются торцевые секции с остеклением и входными проемами, в дальнейшем остаются лишь минимальные интерьерные работы (рис. 6).

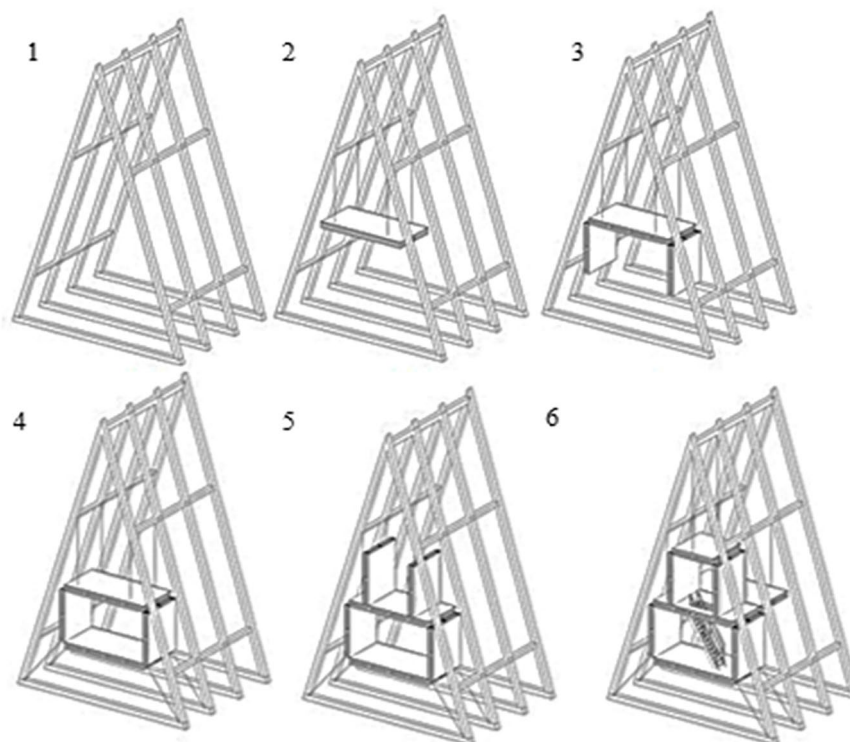


Рис. 6. Этапы установки модулей

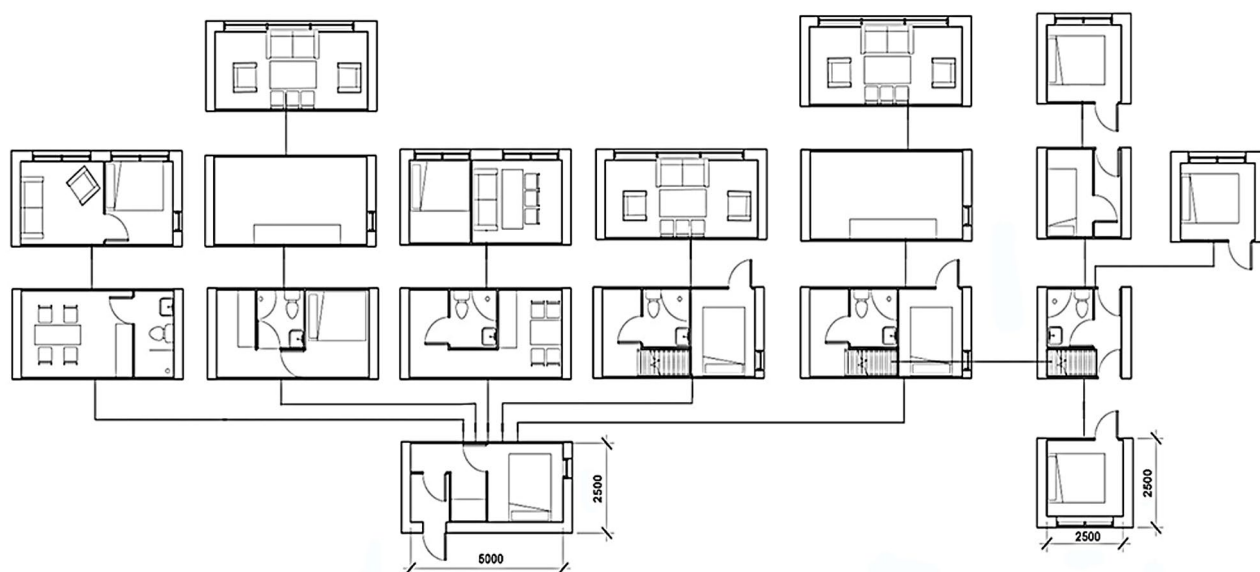


Рис. 7. Планировочные варианты стыковки

Предлагаемый метод сборки позволяет избежать необходимости привлечения крупной строительной техники для поднятия и размещения модулей. Он особенно полезен в случаях, когда доступ к строительной площадке ограничен или когда требуется быстрый и экономичный монтаж. Простота сборки делает эту модульную строительную систему доступной для различных пользователей, что может быть особенно полезно в ситуациях, где сборку осуществляют непрофессионалы или в условиях, когда трудно обеспечить доступ к тяжелой строительной технике. Таким образом, модульная система, основанная на габаритах грузовых контейнеров, представляет собой устойчивый подход к современному строительству, сочетающий в себе функциональность, стандартизацию и эстетику. Главное преимущество такой системы заключается в простоте ее транспортировки и сборки. Стандартизированные размеры обеспечивают универсальность и совместимость между различными модулями. Все составные элементы с легкостью поместятся в грузовой контейнер. Более того, упрощая логистику, можно значительно

удешевить строительный процесс. Динамические методы строительства модульных единиц зданий, выполненных в заводских условиях из современных строительных материалов, поступающие на строительную площадку уже законченными, обеспечивают сочетание современных технологий с экологическими соображениями [14].

Адаптивность. Предложенная модульная конструкция обладает высокой гибкостью, позволяя создавать различные типы в зависимости от назначения зданий. По-разному комбинируя модульные блоки, можно варьировать количество проживающих, функциональное наполнение, площадь и объем (рис. 7).

Как уже отмечалось ранее, для данной системы могут быть применимы различные типы опор в зависимости от грунтов и внешних факторов участка. Гибкость в выборе опор и оснований позволяет создавать уникальные архитектурные облики для различных объектов. Возможность установки на разные опоры предоставляет широкий диапазон вариантов для адаптации к разным условиям, функ-

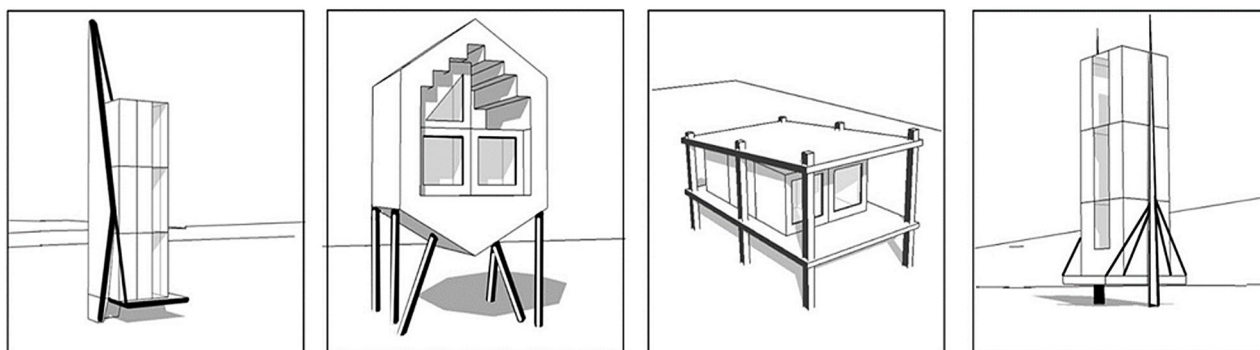


Рис. 8. Виды опор

циональным требованиям и эстетическим предпочтениям (рис. 8).

Модульная система может быть установлена на такие типы опор, как:

- вантовые системы. Модули легко могут быть подвешены или установлены на основания, зафиксированные на вантах, что создает приподнятые или «парящие» конструкции, обеспечивая пространство под строением, являющееся необходимым условием для проветривания грунтов в условиях вечной мерзлоты, а также формирует узнаваемый визуальный образ;
- свайные опоры. Жилые секции, размещенные на свайных опорах, являются эффективным способом адаптации к перепадам рельефа или могут создавать интересные архитектурные объемы и образы;
- плавающие платформы. Возможность установки на плавающие платформы делает эту систему подходящей для использования на заболоченных участках;
- каркасные конструкции. Модули могут служить составным элементом каркасных конструкций, что позволяет создавать разнообразные формы и объемы, основанные на требованиях дизайна.

Наклонные и угловые опоры: установка на наклонные или угловые опоры добавляет динамичность и оригинальность в архитектурное оформление, придавая зданию современный и смелый облик.

Такая гибкость в выборе опор дает архитекторам и дизайнерам возможность экспериментировать с формами и структурами, что в конечном итоге приводит к созданию уникальных и инновационных объектов с сильным архитектурным характером.

Выводы

1. Предлагаемая модульная строительная система основана на габаритах грузовых контейнеров, ее можно устанавливать на различные опоры, что представляет собой новый подход к созданию архитектурных объектов. Она не только дает возможность для широкой вариации формообразования и пространственных решений, но учитывает целый ряд факторов:

- климат. Подвесная конструкция модулей обеспечивает продувание грунтов, что позволяет предотвратить таяние вечной мерзлоты и расползания фундаментов. Треугольные опоры увеличивают устойчивость конструкции к ветровым нагрузкам;
- логистика. Конструктивные элементы выполнены с учетом размеров грузового контейнера,

что значительно упрощает организацию транспортно-логистических перевозок;

- экология. Небольшие размеры строительных элементов позволяют возводить модули без применения строительной техники, снижая не только экономические расходы, но и уровень негативного воздействия на экологию, так как природа и почвенный покров северных регионов легко поддаются повреждению и долго восстанавливаются;
- энергоэффективность. Толщина стен модуля принята с учетом 300 мм слоя утеплителя, что повышает энергоэффективность объекта и снижает теплопотери.

2. Возможность сборки модульной единицы в заводских условиях гарантирует высокий уровень качества всех сборных элементов конструкции, а также обеспечивает стабильность их работы и долговечность. Заводское изготовление позволяет оптимизировать процесс монтажа на строительной площадке, сокращая сроки, повышая эффективность и качество строительства.

3. Возможность использования различных опор для установки модульной системы расширяет область ее применения, адаптируясь к разным условиям местности и функциональным потребностям. В то же время обеспечивается гибкость планировочной организации внутреннего пространства, дизайна интерьера и внешнего облика здания, что важно для архитектурных проектов, ориентированных на индивидуальные потребности заказчика.

4. Предлагаемая модульная система жилого дома была протестирована в программах 3D-моделирования и теплорасчета, подтвердивших эффективность данной системы в транспортировке и установке. Она полностью соответствует градостроительным и архитектурным критериям, разработанным для освоения Крайнего Севера. В ходе дальнейших исследований предполагается более подробно изучить шарнирные крепления с целью увеличения максимальной несущей способности модуля для образцов с подвесным типом крепления.

5. Применение модульной системы в туризме предполагает приведение ее в соответствие с высокими стандартами отельного бизнеса, и как следствие, делает возможным применение модели в других сферах, таких как временное вахтовое жилье в рабочих поселках или временное жилье для пострадавших во время чрезвычайных происшествий и прочих жилищных кризисов. Объединение этих условий повышает конкурентоспособность модульной системы в сфере современного строительного производства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Богданов В.Н., Воронков А.С., Медведев Е.В. и др. Российская Арктика: возможности XXI века. М. : Издательские технологии, 2018. 452 с.
2. Гальцева Н.В., Фавстрицкая О.С., Шарыпов А.О. Моноструктурное развитие арктических территорий: российский и зарубежный опыт // Вестник северо-восточного научного центра ДВО РАН. 2015. № 3. С. 109–118.
3. Коданева С.И. Устойчивое развитие российской Арктики: основные направления, проблемы и перспективы // ЭСПР. 2022. № 2 (50). С. 80–100. DOI: 10.31249/espr/2022.02.04
4. Прокопова С.М., Кравчук С.Г., Гарин Н.П. Городская среда Арктики: оптимизация и цифровизация // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2021. № 3 (50). С. 40–44. DOI: 10.25628/UNIIP.2021.50.3.007
5. Холодилова К.А. Качество жизни населения в условиях вахтового труда на Крайнем Севере (на примере Ямало-Ненецкого автономного округа) // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2008. № 5. С. 96–102.
6. Барчугова Е.В., Габитов С.Т. Принципы реновации арктического субцентра на примере г. Дудинка // Архитектура и современные информационные технологии. 2022. № 2 (59). С. 111–128. DOI: 10.24412/1998-4839-2022-2-111-128
7. Ноева Е.Е. Арктический туризм: международный и национальный аспекты, проблемы и особенности развития // Арктика XXI век. Гуманитарные науки. 2022. № 3 (29). С. 35–59. DOI: 10.25587/SVFU.2022.68.59.003
8. Попова Л.Г. Туризм как ресурс развития территории // Успехи современного естествознания. 2007. № 12. С. 298–300.
9. Давыдов В.Н. Контейнеризация Арктики: мобильные модули освоения пространства на Крайнем Севере // Кунсткамера. 2020. № 3 (9). С. 121–129. DOI: 10.31250/2618-8619-2020-3(9)-121-129
10. Воличенко О.В., Байчубекова Б.Т. Принципы создания среды «умного города» // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2019. Т. 19. № 12. С. 119–126.
11. Маликов О.Б. Складская и транспортная логистика в цепях поставок : учебное пособие. СПб. : Издательский дом «Питер», 2021. 400 с.
12. Савицкий Г.А. Ветровая нагрузка на сооружения. М. : Стройиздат, 1972. 111 с.
13. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения / пер. с англ. Б.Е. Маслова, А.В. Шведовой; под ред. Б.Е. Маслова. М. : Стройиздат, 1984. 358 с.
14. Воличенко О.В. Влияние мейнстримов западного авангарда в архитектуре Центральной Азии // Архитектон: известия вузов. 2013. № 1 (41). С. 3.

Об авторах: **Ольга Владимировна Воличенко** — доктор архитектуры, профессор кафедры основ архитектуры и художественных коммуникаций; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; Российская Федерация, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; кафедра архитектуры, реставрации и дизайна; **Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы (РУДН)**; Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: wolitschenko@mail.ru;

Сергей Николаевич Огородников — аспирант кафедры архитектуры, реставрации и дизайна; **Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы (РУДН)**; Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: 1142220042@pfur.ru;

Иван Халиль — кандидат архитектуры, старший преподаватель кафедры архитектуры, реставрации и дизайна; **Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы (РУДН)**; Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: khalil-i@rudn.ru.

REFERENCES

1. Bogdanov V.N., Voronkov A.S., Medvedev E.V. et al. *The Russian Arctic: opportunities of the XXI century*. Moscow, Publishing Technologies, 2018; 452. (rus).
2. Galtseva N.V., Faustritskaya O.S., Sharypov A.O. Monostructural development of Arctic territories: Russian and foreign experience. *Bulletin of the North-Eastern Scientific Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2015; 3:109-118. (rus).
3. Kodanewa S.I. Sustainable development of the Russian Arctic: main directions, problems and prospects. *ESPR*. 2022; 2(50):80-100. DOI: 10.31249/espr/2022.02.04 (rus).
4. Prokopova S.M., Kravchuk S.G., Garin N.P. Urban environment of the Arctic: optimization and digitalization. *Academic Bulletin of UralNIIProekt RAASN*. 2021; 3(50):40-44. DOI: 10.25628/UNIIP.2021.50.3.007 (rus).

5. Kholodilova K.A. The quality of life of the population in conditions of shift work in the Far North (on the example of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug). *Bulletin of the Nizhny Novgorod University named after N.I. Lobachevsky*. 2008; 5:96-102. (rus).
6. Barchugova E.V., Gabitov S.T. Principles of renovation of the Arctic subcenter on the example of Dudinka. *Architecture and modern information technologies*. 2022; 2(59):111-128. DOI: 10.24412/1998-4839-2022-2-111-128 (rus).
7. Noeva E.E. Arctic tourism: international and national aspects, problems and features of development. Arctic XXI century. *Humanities*. 2022; 3(29):35-59. DOI: 10.25587/SVFU.2022.68.59.003 (rus.)
8. Popova L.G. Tourism as a resource for the development of the territory. *Successes of modern natural science*. 2007; 12:298-300. (rus).
9. Davydov V.N. Containerization of the Arctic: mobile modules of space exploration in the Far North. *Kunstkamera*. 2020; 3(9):121-129. DOI: 10.31250/2618-8619-2020-3(9)-121-129 (rus).
10. Volichenko O.V., Baichubekova B.T. Principles of creating a “smart city” environment. *Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University*. 2019; 19(12):119-126. (rus).
11. Malikov O.B. *Warehouse and transport logistics in supply chains : a textbook*. St. Petersburg, Publishing house “Peter”, 2021; 400. (rus).
12. Savitsky G.A. *Wind load on structures*. Moscow, Stroyizdat, 1972; 111. (rus).
13. Simiu E., Scanlan R. *The effect of wind on buildings and structures* / translated from the English by B.E. Maslov, A.V. Shvetsova; edited by B.E. Maslov. Moscow, Stroyizdat, 1984; 358.
14. Volichenko O.V. The influence of the Western avant-garde mainstream in the architecture of Central Asia. *Architecton: izvestiya vuzov*. 2013; 1(41):3. (rus).

About the authors: **Olga V. Volichenko** — Doctor of Architecture, Professor of the Department of Fundamentals of Architecture and Artistic Communications; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; Department of Architecture Restoration and Design; **P. Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (RUDN)**; 6 Miklouho-Maclay street, Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: wolitschenko@mail.ru;

Sergey N. Ogorodnikov — Postgraduate student of the Department of Architecture, Restoration and Design; **P. Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (RUDN)**; 6 Miklouho-Maclay street, Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: 1142220042@pfur.ru;

Ivan Khalil — Candidate of Architecture, Senior Lecturer of the Department of Architecture, Restoration and Design; **P. Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (RUDN)**; 6 Miklouho-Maclay street, Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: khalil-i@rudn.ru.