

Academia. Архитектура и строительство, № 3, стр. 52–61.
Academia. Architecture and Construction, no. 3, pp. 52–61.

Исследования и теория
Научная статья
УДК 72.01
DOI: 10.22337/2077-9038-2025-3-52-61

Экспериментальная модульная система повышенного комфорта для условий Крайнего Севера

Воличенко Ольга Владимировна (Москва). Доктор архитектуры, профессор. Российский университет дружбы народов (Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. РУДН); Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26. НИУ МГСУ). Эл. почта: wolitschenko@mail.ru

Огородников Сергей Николаевич (Москва). Российский университет дружбы народов (Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. РУДН). Эл. почта: 1142220042@pfur.ru

Аннотация. Данная статья описывает экспериментальную модель модульной жилой системы, адаптированной для эксплуатации в экстремальных условиях Крайнего Севера. Дизайн системы акцентирует внимание на адаптивности, устойчивости и функциональности, решая логистические и экологические проблемы, вызванные удалённостью и суровым климатом.

Планировочные решения были тщательно разработаны с учётом практических требований, при этом особое внимание было уделено компактности, простоте транспортировки и быстрой сборке, а также эргономичности планировки для создания функционального и комфортного пространства при ограниченной площади модульных систем.

Ключевой особенностью системы являются треугольные опорные стойки, разработанные для предотвращения таяния вечной мерзлоты. Эти стойки приподнимают модули над землёй, обеспечивая циркуляцию воздуха, которая охлаждает подстилающий грунт и поддерживает его стабильность.

Этнические и культурные аспекты органично интегрированы в архитектурный облик системы. Основанные на традиционных строительных техниках коренных народов севера, модули сохраняют культурное наследие региона, соответствуя современным строительным стандартам. Эти элементы не только усиливают эстетическую привлекательность, но и способствуют укреплению связей с местными традициями.

Предлагаемая модульная система решает не только задачи энергосбережения и логистики, но и вопросы культурной интеграции и сохранения традиций, предлагая универсальную основу для жилых и эксплуатационных нужд в отдалённых северных территориях.

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

Для цитирования. Воличенко О.В., Огородников С.Н. Экспериментальная модульная система повышенного комфорта для условий Крайнего Севера // Academia. Архитектура и строительство. – 2025. – № 3. – С. 52–61. – DOI: 10.22337/2077-9038-2025-3-52-61.

Experimental Modular Housing for Extreme Conditions of the Far North

Volichenko Olga V. (Moscow). Doctor of Sciences in Architecture, Professor. The Peoples' Friendship University of Russia (Russia, 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya str.6. RUDN); National Research Moscow State University of Civil Engineering (Russia, 129337, 26, Yaroslavskoye Shosse, Moscow, Russia. NRU MGSU). E-mail: wolitschenko@mail.ru

Ogorodnikov Sergey N. (Moscow). The Peoples' Friendship University of Russia (Russia, 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya str.6. RUDN). E-mail: 1142220042@pfur.ru

© Воличенко О.В., Огородников С.Н., 2025.

Abstract. This article introduces an experimental model of a modular residential system tailored for deployment in the extreme conditions of the Far North. The design emphasizes adaptability, sustainability, and functionality, addressing the logistical and environmental challenges posed by remote and harsh climates.

Floor plans have been meticulously developed to meet practical requirements, prioritizing compactness, ease of transportation, and rapid assembly. Special attention has been paid to ergonomic solutions, including standard-sized amenities, to optimize the use of limited space while ensuring comfort.

A critical feature of the system is the inclusion of triangular support pillars designed to prevent the melting of permafrost. These pillars suspend the modules above the ground, allowing airflow to cool the underlying soil and maintain stability. This innovative approach minimizes environmental disruption and ensures the longevity of the structure in sensitive ecosystems.

Ethnical and cultural considerations have been seamlessly integrated into the architectural design. Drawing inspiration from traditional building techniques and motifs of indigenous communities, the modules honor the cultural heritage of the region while meeting modern construction standards. These elements enhance the aesthetic appeal and foster a sense of connection with local traditions.

The proposed modular system represents a significant advancement in creating sustainable, transportable, and culturally sensitive housing solutions for the Far North. By addressing critical challenges such as ground stability, logistical feasibility, and cultural integration, this model offers a versatile framework for residential and operational needs in remote northern territories.

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

For citation. Volichenko O.V., Ogorodnikov S.N. Experimental Modular Housing for Extreme Conditions of the Far North. In: *Academia. Architecture and Construction*, 2025, no. 3, pp. 52–61, doi: 10.22337/2077-9038-2025-3-52-61.

Введение

В последние годы модульные системы приобрели популярность как практичный и адаптивный подход к поддержке туристической инфраструктуры в труднодоступных местах. Эта тенденция актуальна и для российских регионов, где самой перспективной территорией для реализации подобных идей является Крайний Север. Интерес к этим решениям вызван национальным приоритетом в развитии удалённых, но богатых ресурсами арктических регионов, поддерживается государственными гарантиями и инвестициями с целью повышения доступности этих территорий как для местных жителей, так и для туристов.

Уникальная география и климат Крайнего Севера создают особые вызовы для традиционных строительных методов: вечная мерзлота, сильные ветры и низкие температуры требуют устойчивых и надёжных решений. Модульное строительство, известное своей быстрой сборкой, долговечностью и адаптивностью, идеально подходит для удовлетворения растущего спроса на жилье, при этом соблюдая экологические ограничения хрупких экосистем Севера.

Арктические территории имеют огромное значение для экономики страны и всего мира не только благодаря запасам природных ресурсов. Согласно последним аналитическим данным и исследованиям «вклад российской Арктики в поддержание глобального экосистемного баланса оценивается в 12 % от глобального и превышает суммарный вклад всех других стран арктического региона. Около 80 % всего видового биоразнообразия северной приполярной части Земли представлено в Российской Арктике» [1].

Несмотря на высокий потенциал, основной проблемой для освоения северных территорий является суровый климат и низкая плотность поселений, более того, основная часть малочисленных коренных народов Севера проживает за пределами городских поселений [2]. Общие вопросы влияния суровых условий Севера на среду обитания рассматривались в научных исследованиях известных географов В.А. Аграната, И.С. Гурвича, Г.М. Лаппо, Е.В. Перцика и др.

Основной вопрос – как осваивать северные территории. Крупные комплексные проекты освоения являются экономически невыгодными и долгими в реализации, а вахтовые посёлки не так эффективны, как постоянные поселения. Наиболее оптимальный вариант – гибридная система с формированием опорного населённого пункта с необходимой инфраструктурой в совокупности с модульными быстро-возводимыми районами. Данный подход был использован в схеме расселения, выполненной на основе результатов исследований города Дудинки [3]. Предложенная градостроительная структура содержала как капитальные ветрозащитные здания, так и квартал с мобильным жильём для регулирования плотности населения в городе. Гибкость данной системы, в первую очередь, достигается именно благодаря блоку с модульным домостроением. «Только гибкая, адаптивная система способна на сегодняшний день отвечать постоянно меняющимся условиям региона и обеспечить максимально возможный уровень комфорта для его жителей» [3, с. 127].

Одно из самых глубоких и многогранных исследований по теме модульного строительства для северных регионов было проведено российским архитектором Н.А. Сапрыкиной. В своей работе [4] автор не только подчёркивает актуальность

модульных зданий, но и выделяет ряд принципов для повышения качественных характеристик модульного домостроения.

Описанные автором идеи требуют инновационных подходов к инфраструктуре, которая сможет выдерживать суровые климатические условия, минимизируя при этом нагрузку на экологию. Модульные конструкции, изготовленные в контролируемых условиях и легко транспортируемые к отдалённым объектам, хорошо соответствуют этим целям, предоставляя качественные жилые пространства, адаптированные к суровым климатическим условиям Крайнего Севера. Кроме того, эффективность модульного строительства позволяет сократить объёмы работ на месте и сроки строительства, что особенно важно для регионов с коротким строительным сезоном.

Планировочные решения для модульных блоков небольших размеров

Модульные блоки имеют максимально компактные габариты, что позволяет использовать их в наиболее удалённых местах с ограниченным доступом и сложной логистикой. Размер стандартного блока составляет $2,5 \times 2,5$ м, а укрупнённого – $2,5 \times 5,6$ м, что соответствует габаритам транспортного контейнера. Такое проектное решение обеспечивает лёгкость

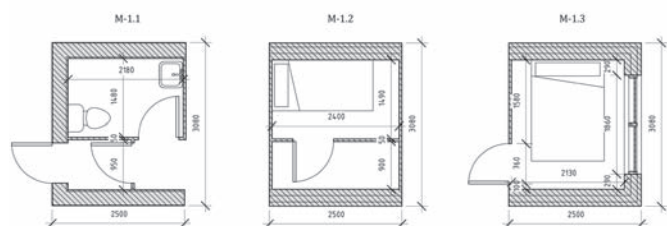


Рис. 1¹. Планировочные решения модуля



Рис. 2. Планировочные решения укрупнённого модуля

транспортировки, так как модули совместимы со стандартным контейнерным оборудованием, используемым для различных видов транспорта, включая морской, железнодорожный и автомобильный.

Пример эффективной организации пространства и взаимодействия функциональных зон продемонстрирован в исследовании «Характеристики современных заранее изготовленных модульных жилых ячеек» [5], где все необходимые помещения адаптированы для размещения в грузовом контейнере. Для повышения адаптивности, модули могут объединяться между собой в более крупные конструкции, создавая уникальные планировочные решения, подходящие для различных целей и запросов.

Планировочные решения блока размером $2,5 \times 2,5$ метра разработаны для максимальной функциональности в ограниченном пространстве и включают эргономичное размещение мебели, адаптированной под уникальные пространственные требования модуля (рис. 1). Стандартная жилая единица из трёх модулей, площадь которой составляет 19,5 кв. м, с комфортом вмещает двух человек и включает все необходимые удобства. Данная площадь является оптимальной с точки зрения эксплуатации и удовлетворения всех необходимых потребностей в стеснённых условиях [6]

В основной зоне расположена складная кровать, встроенные полки и складной стол, обеспечивающие место для хранения и работы, не перегружая комнату. Узкий шкаф с оптимизированными внутренними отсеками максимально увеличивает объём хранения одежды и необходимых вещей, компактно располагаясь вдоль одной из стен. Ванная комната спроектирована с использованием компактных сантехнических элементов для сохранения комфорта и функционала в ограниченном пространстве. Важной особенностью модуля является тамбур при входе, выполняющий роль теплового буфера, эффективно защищая от холода и значительно повышая энергоэффективность.

Укрупнённый модуль размером $2,5 \times 5,6$ м предлагает значительно больше места и функций по сравнению с базовым модулем, что делает его идеальным для больших групп или семей (рис. 2). Эта планировка позволяет создать более просторную внутреннюю конфигурацию, включая два этажа, что даёт возможность разместить до восьми гостей в четырёх отдельных спальнях.

Первый этаж имеет просторную гостиную и обеденную зону, совмещённую с кухней, оснащённой необходимыми приборами и местами для хранения. Это пространство предназначено для многофункционального использования и обеспечивает комфортные условия для большой семьи. Ванная комната включает душ, раковину и туалет в зависимости от выбранной планировки, на этаже также могут быть предусмотрены спальни.

¹ Статья проиллюстрирована рисунками и схемами, выполненными С.Н. Огородниковым.

Второй этаж, формируемый путём установки дополнительных модулей, добавляет ещё две спальни с аналогичными эргономичными решениями. Такая компоновка не только максимально использует вертикальное пространство, но и обеспечивает приватность, разделяя модуль на функциональные зоны. На этаже также предусмотрена дополнительная ванная комната.

Двухэтажная структура укрупнённого модуля обеспечивает гибкость в организации частных и общих пространств, вмещающая до восьми гостей. Благодаря продуманным планировочным решениям и тщательно подобранной мебели, каждая зона модуля спроектирована с учётом практичности и комфорта, поддерживая возможность длительного проживания в сложных климатических условиях. Система также позволяет легко интегрировать дополнительные модули для увеличения жилого пространства (рис. 3). Для достижения максимального комфорта система была спроектирована с учётом гибкости конфигураций, чтобы соответствовать разнообразным потребностям и обеспечить комфорт модульного жилья [7].

Компактные размеры и стандартизированные габариты не только упрощают транспортировку, но и делают модульные блоки масштабируемыми, ресурсоэффективными и универсальными для широкой области применений. Для учёта значительных различий в потребностях отдельных посетителей система способна формировать разнообразные комбинации блоков, адаптированные под индивидуальные требования [8].

Этот подход к проектированию способствует значительной экономии времени и средств при транспортировке и установке. Уникальность модульной конструкции заключается в широком диапазоне конфигурационных возможностей, позволяя создавать системы, собранные из заранее спроектированных блоков, адаптируемые для различных целей и требований. Каждый модуль изготавливается с точным соблюдением стандартных размеров морского контейнера, что повышает эффективность логистики и сборки.

Трансформируемая модульная единица на шарнирном креплении

Складная модульная единица представляет собой уникальное решение для создания универсальных жилых и рабочих пространств в удалённых и сложных условиях. В основе конструкции лежат инновационные шарнирные крепления, которые обеспечивают быструю и эффективную установку. Когда модуль сложен, панели, – которые впоследствии будут служить полом, стенами и потолком, – аккуратно упаковываются внутри контейнера, что уменьшает объём и повышает логистическую эффективность. Такая компоновка не только снижает транспортные расходы, но и упрощает процесс хранения.

Когда модуль доставляется на место, его разворачивают вручную или с минимальным оборудованием, что делает его практичным для удалённых районов, где ресурсы и квалифицированная рабочая сила ограничены. Шарнирные механизмы позволяют легко собрать панели без специальных инструментов, что даёт возможность даже неквалифицированным работникам участвовать в установке (рис. 4). После развёртывания каждая панель крепится с помощью специально разработанных угловых скоб, которые обеспечивают структурную устойчивость. Это создаёт прочную и надёжную конструкцию, подходящую для различных погодных условий и сложных условий эксплуатации.

Система шарниров соединяет элементы деревянного каркаса, при этом пустоты между ними заполняются теплоизоляцией и специальными мембранами, которые обеспечивают защиту от воды и пара. Помимо экологических преимуществ этот подход упрощает и облегчает процесс строительства, а также улучшает энергоэффективность [9]. В таблице 1 представлен анализ наиболее подходящих теплоизоляционных материалов для регионов с арктическим климатом.

Несмотря на то, что вакуумные панели имеют наилучшие характеристики по теплопроводности, хрупкость делает затруднительным их применение в строительстве. Не менее



Рис. 3. Возможное сочетание модульных единиц

эффективным вариантом является аэрогель, но данный материал находится только в начале своего развития и используется преимущественно в высоких технологиях и создании космических аппаратов. Возможно, в ближайшие десять лет материал станет более доступен для жилого и общественного домостроения и сможет составить конкуренцию традиционным утеплителям.

В поисках баланса между экономикой и современными технологиями наиболее оптимальным решением для теплоизоляции является пенополиизоцианурат (PIR). PIR-утеплитель – это усовершенствованный вариант пенополиуретана, обладающий низкой теплопроводностью. Он отличается высокой огнестойкостью, влагостойкостью и механической прочностью. Благодаря закрытой ячеистой структуре PIR минимально впитывает влагу, что делает его идеальным для использования в экстремальных климатических условиях. Доступная цена материала, самая низкая теплопроводность среди аналогов и лёгкость делают его наиболее подходящим для строительства в условиях Крайнего Севера.

Каждый модуль имеет квадратную в плане форму, что обусловлено не только ограничениями размеров, но и принципами энергоэффективности. Куб – одна из самых эффективных форм для систем отопления, поскольку он оптимизирует соотношение между внутренней поверхностью оболочки здания и отапливаемой площадью пола, достигая одного из самых благоприятных результатов для экономии энергии [10].

Уникальность складной модульной единицы заключается в сочетании компактной формы и шарнирной конструкции, что позволяет легко развернуть и собрать модуль без необходимости использования тяжёлой техники или специальных инструментов. Этот подход позволяет быстро превратить модуль в жилое пространство, минимизируя время установки, снижая затраты на рабочую силу.

Аутентичность

В современной архитектуре важным аспектом является интеграция аутентичных деталей и исторических отсылок, особенно в культурно чувствительных регионах, таких как Крайний Север. Внешний вид здания играет важную роль и не должен быть недооценён. Устойчивая архитектура охватывает не только климатические и экологические аспекты, но и социокультурные. Данный подход сочетает уважение к местному наследию с адаптацией к экстремальным условиям окружающей среды, гарантируя, что новые здания гармонично впишутся в существующее окружение, сохраняя при этом функциональность и культурную значимость [11].

Такие регионы, как Крайний Север, имеют уникальные культурные традиции, часто основанные на образе жизни коренных народов региона, формировавшемся под влиянием географического положения и климата. Интеграция исторических отсылок и аутентичных элементов позволяет архитекторам создавать здания, которые резонируют с местной историей, позволяя жителям и посетителям прикоснуться

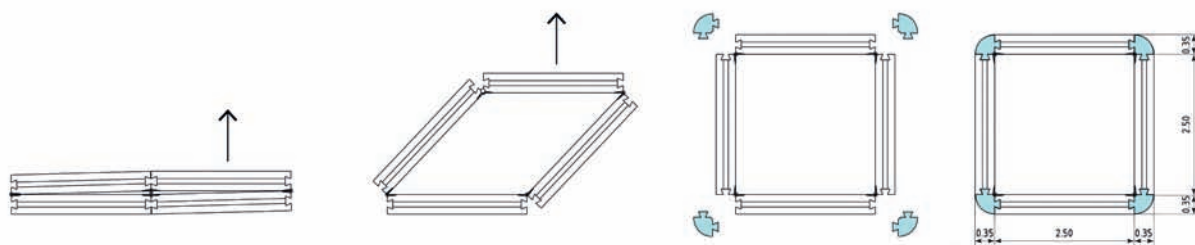


Рисунок 4. Процесс развёртывания модуля

Таблица 1. Сравнительный анализ теплоизоляционных материалов

Материал	Теплопроводность Вт/(м·°С)	Требуемая толщина слоя (мм)	Стоимость за куб. м	Преимущества	Недостатки
Минеральная вата	0,032–0,040	350–380	3000–4500	огнестойкость	может давать усадку, паропроницаем
Экструдированный пенополистирол	0,028–0,034	270–280	6000–7500	высокая прочность	горючесть
Вакуумная изоляционная панель	0,004–0,008	50–60	15000–30000	высокая теплоизоляция	хрупкость, стоимость
Аэрогель	0,013–0,018	110–130	30000–60000	лёгкость, устойчивость к влаге и огню	стоимость
Пенополиизоцианурат	0,022–0,027	190–200	9000–12000	устойчивость к влаге и огню	требует герметизации швов

к культурному коду региона, что способствует укреплению чувства идентичности и общности среди местных жителей, так как новая архитектура отражает не только современные потребности, но и вековые ценности.

Традиционные жилища на Крайнем Севере обычно характеризуются практическими решениями для суровых климатических условий. Адаптация аутентичных элементов помогает современным зданиям быть более устойчивыми и энергоэффективными, сокращая зависимость от искусственного отопления и чрезмерного обслуживания. Например, обтекаемые формы чума помогают предотвратить накопление снега, а приподнятые фундаменты защищают от таяния вечной мерзлоты. Интеграция местных элементов дизайна, таких как узоры и орнаменты, позволяет зданиям служить не только функциональными пространствами, но и живыми музеями культурного наследия. Таким образом, архитектура выходит за пределы физической структуры, связывая людей с землёй и её историей. Слияние прошлого и настоящего гарантирует, что новые здания будут не просто сооружениями, а воплощениями регионального наследия,



Рис. 5. 3D-модель модульного жилья

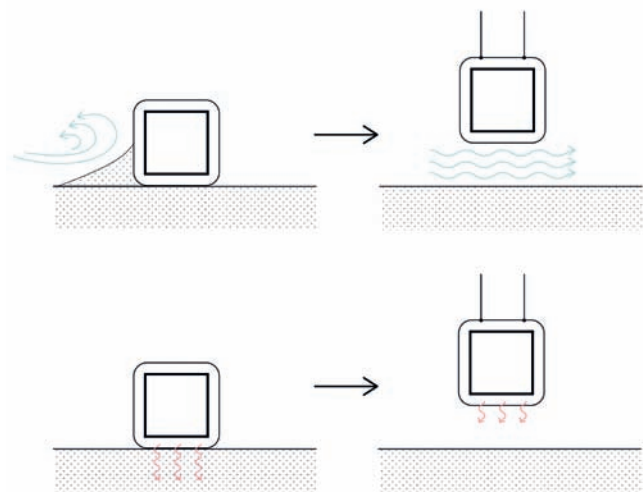


Рис. 6. Схема преимуществ подвешенного расположения модуля

адаптированными как к природному, так и культурному ландшафтам для будущих поколений.

Опоры

Модульная система крепится к треугольным опорам, визуально отсылающим к традиционной архитектуре, узорам и культуре коренных народов севера (рис. 5). Треугольные опоры спроектированы для того, чтобы приподнять каждый модуль над землей, предотвращая прямой контакт с почвой и тем самым минимизируя риск таяния грунта из-за теплопередачи [12].

Подвешенные модули создают путь для естественного воздушного потока между жилым блоком и почвой. Данная система вентиляции позволяет холодному воздуху циркулировать и охлаждать грунт под зданием, что дополнительно предотвращает таяние вечной мерзлоты от теплового потока сооружения [13].

Помимо предотвращения таяния вечной мерзлоты, система независимых опор позволяет регулировать высоту конструкции в зависимости от рельефа и состояния грунта. Кроме того, циркуляция ветра способна предотвратить образование снежных заносов и повышает устойчивость здания сильным ветрам. Подобный подход был использован на антарктической исследовательской станции «Халлей VI» (Halley VI), где гидравлические столбы защищают конструкцию от накопления снега, ветровых нагрузок и таяния грунта, обеспечивая её стабильность и долговечность в экстремальных условиях [14] (рис. 6).

Структурная целостность треугольных опор отражает устойчивость и адаптивность традиционных этнических строительных техник региона, которые выдерживали суровый климат в течение многих веков. Это дизайн, сочетает отсылки к коренным строительным традициям и современную инженерию. Модульная система предлагает различные варианты дизайна как для модулей, так и для опор, что позволяет адаптировать её к разным условиям, эстетическим предпочтениям и функциональным требованиям.

Инфраструктура

Основной инфраструктурный вызов направлен на обеспечение автономности комплекса. Так как модульная система предоставляет в первую очередь гибкость и может рассматриваться как в составе крупного комплекса, так и в качестве единичного строения, были проработаны несколько различных сценариев обеспечения комплекса (рис. 7).

В загородных посёлках с применением модульных блоков для частного домостроения, наиболее оптимальным будет вариант подключения их к городскому водоснабжению и электрообеспечению с устройством септика для бытовых отходов. Для вахтовых посёлков, расположенных в удалённых местах, должна быть обеспечена полная автономность с собственной системой генерации энергии за счёт ветровых турбин, солнечных панелей или традиционных генераторов.

Водоснабжение может обеспечиваться при помощи снегоплавильных машин или фильтрации воды из ближайших водоёмов. Для переработки отходов жизнедеятельности могут использоваться системы фильтрации и биоочистки воды,

септики и компостирование. Все процессы могут регулироваться и осуществляться в модулях технического назначения и административных блоках.

Схема обеспечения крупных баз отдыха и станций схожа

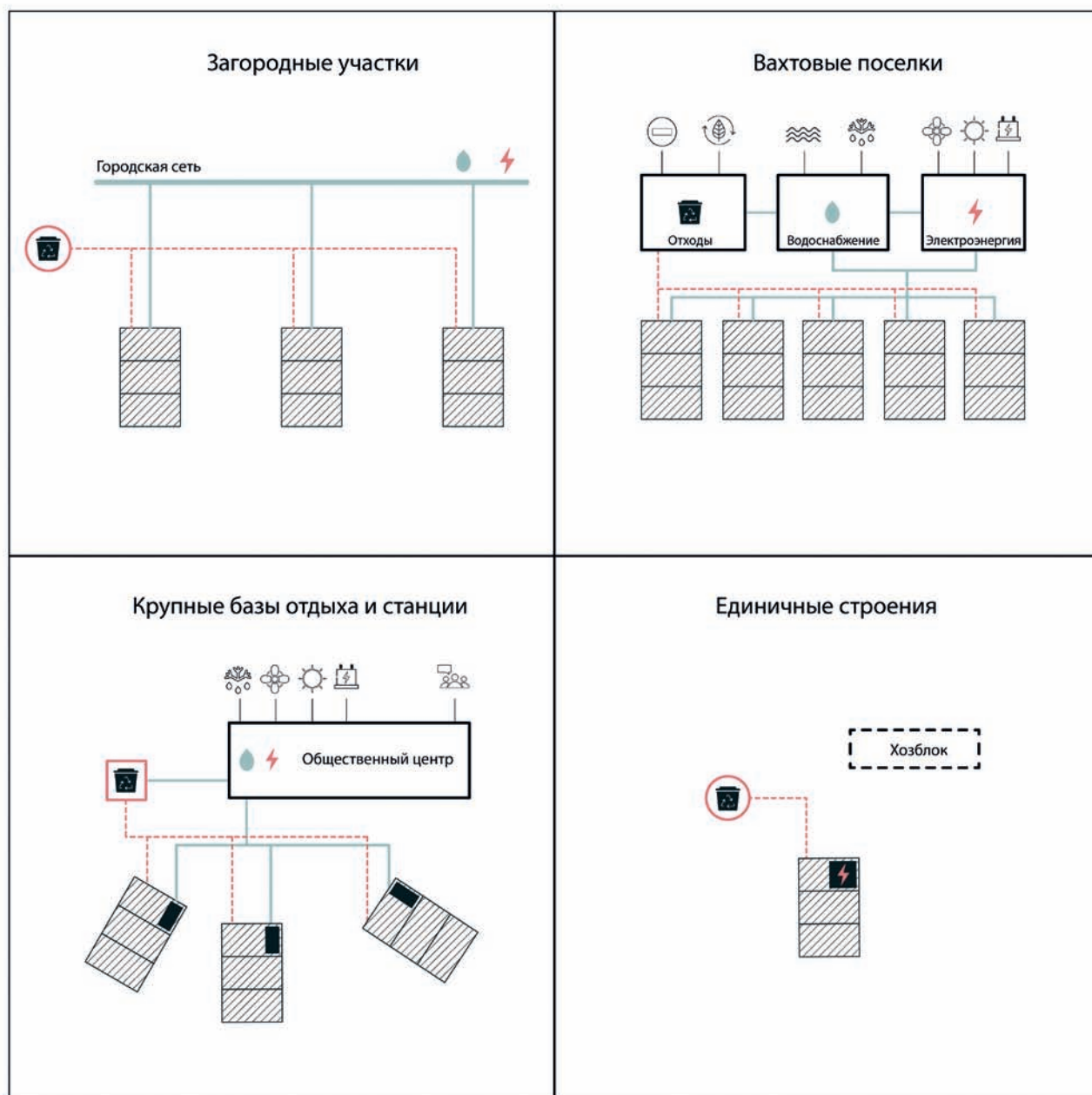


Рис. 7. Схема обеспечения автономности модульного комплекса

с обеспечением вахтовых посёлков, но имеет ряд различий, связанных с уменьшением масштабов поселения. Таким образом, основные центры фильтрации воды, аккумуляции и генерации энергии могут находиться в центральном ядре или административном блоке, при этом каждый модуль может иметь свою независимую систему генерации энергии и водочистки. Что касается единичных модульных блоков, наиболее актуальных для глэмпингов² или частных заимок, то здесь ядро энергообеспечения должно находиться внутри модульных единиц, полностью покрывая нужды комплекса, для отходов может применяться компостирование, септики и биотуалеты.

Независимо от типологии размещения, каждый модуль оснащён набором солнечных панелей, интегрированных в его конструкцию, обеспечивающих резервное электроснабжение для освещения, отопления и основных функций [14]. Однако для достижения полной энергетической независимости и поддержания работы всего комплекса используется система ветряных турбин.

Размещённые таким образом, чтобы максимально использовать поток ветра, турбины дополняют солнечную энергию, генерируя дополнительную мощность, особенно в периоды низкой солнечной активности или в зимние месяцы, когда эффективность солнечных панелей уменьшается. Гибридная энергетическая система обеспечивает надёжное электроснабжение круглый год.

Генерация энергии при помощи горизонтальных потоков воздуха является одним из самых перспективных источников возобновляемой энергии для северных регионов, характеризующихся сильными ветрами в течение всех сезонов [16]. Последние технические разработки позволили применять крупномасштабные турбины со значительно более высокой мощностью, что делает использование ветровой энергии наиболее жизнеспособным решением для удовлетворения энергетических потребностей в этих регионах [17].

Системы подготовки и сбора воды являются основой автономности комплекса, включая механизмы сбора дождевой воды и снега, где осадки собираются через встроенные в структуру модуля каналы и хранятся в изолированных резервуарах для предотвращения замерзания. Также может быть использована система таяния снега, работающая на солнечной или ветровой энергии в зимние месяцы. Вода фильтруется и очищается через многоступенчатую систему очистки, обеспечивая питьевую воду для гостей и персонала.

Переработка серой воды³ дополнительно усиливает устойчивость, вода из раковин и душевых очищается и используется повторно для непитьевых нужд, таких как смыв туалетов или технического обслуживания комплекса. Черная

вода⁴ перерабатывается с использованием биореакторных систем, что снижает воздействие на окружающую среду и делает управления отходами более эффективным.

Модульная структура, спроектированная для максимальной автономности, способна работать независимо в течение продолжительного периода. Её энергоэффективный дизайн минимизирует потребление энергии, а высокоэффективная теплоизоляция и интеллектуальные системы климат-контроля поддерживают комфорт с минимальными затратами ресурсов. Инновационный подход к инфраструктуре гарантирует, что модульное жильё сможет обеспечить комфорт и устойчивость даже в самых удалённых локациях.

Заключение

Простота, гибкость и эффективность модульных блоков делают их применимыми в широком спектре отраслей, включая строительство, туризм, здравоохранение, образование и реагирование на чрезвычайные ситуации, преобразуя инфраструктуру в слаборазвитых или развивающихся регионах. Основные преимущества представленной модульной системы следующие.

- *Эффективная логистика:* соблюдая размеры контейнеров, модульные блоки можно эффективно транспортировать с использованием стандартного транспортного оборудования, что облегчает быструю и экономичную доставку в удалённые районы.

- *Адаптируемость:* гибкий дизайн позволяет собирать блоки в различные конфигурации, которые могут расширяться по мере необходимости, что делает их подходящими для различных целей – от жилых и рабочих пространств до медицинских и складских помещений.

- *Экономия времени и труда:* предварительно изготовленные компоненты обеспечивают быструю установку, требующую минимальной технической подготовки для сборки. Это особенно ценно в удалённых районах, где быстрая установка жизненно необходима.

- *Ресурсосберегающее проектирование:* компактная структура и продуманный внутренний план делают каждый модуль крайне эффективным в использовании ресурсов. Несмотря на малые размеры, эти блоки максимально используют функциональность и комфорт, что позволяет их эффективно применять даже в ограниченных пространствах.

Модульная система является примером устойчивости, функциональности и сохранения культурного наследия. Её дизайн отражает глубокое понимание экологических проблем и потребностей человека, особенно в холодном климате. Модульный характер системы предлагает гибкость, упрощая сборку, разборку и транспортировку. Блоки могут быть адаптированы по размеру, материалам и внутренней планировке для самых различных целей. Дизайн системы выходит за рамки простой функциональности, глубоко отражая традиции местной этнической архитектуры. Внедряя формы и принципы, основанные на строительных техниках

² Глэмпинг (от англ. glamorous camping) – формат отдыха, сочетающий близость к природе с удобствами отеля (Википедия).

³ Серая вода образуется в результате мытья продуктов, посуды, стирки, а также принятия душа или ванны и т.д.

⁴ Чёрная вода образуется из хозяйственно-бытовых сточных вод из туалетов и может содержать патогены (бактерии и вирусы, яйца гельминтов).

коренных народов Севера, система не только предоставляет современное решение, но и уважает и сохраняет культурное наследие.

Представленная система является примером того, как современные технологии могут работать в гармонии с традиционными знаниями. Гибкость и функциональность делают её применимой для индивидуальных домов, гостиных или коллективных жилых пространств, эта модульная система предоставляет универсальный, экологичный и социально-культурный подход к строительству в современном мире.

Список источников

1. Павленко, В.И. Арктическая зона Российской Федерации в системе обеспечения национальных интересов страны / В.И. Павленко. – Текст : непосредственный // Арктика: экология и экономика. – 2013. – № 4. – С. 16–25.
2. Коренные малочисленные народы Российской Арктики (проблемы и перспективы развития) / В.И. Павленко, А. Петров, С.Ю. Куценко, Г.Ф. Дегтер. – Текст : непосредственный // Экология человека. – № 1. – С. 26–33.
3. Барчугова, Е.В. Принципы реновация арктического субцентра на примере г. Дудинка / Е.В. Барчугова, С.Т. Габитов. – Текст : электронный // Architecture and Modern Information Technologies. – 2022. – № 2 (59). – С. 111–128. – URL: https://marhi.ru/AMIT/2022/2kvart22/PDF/08_barchugova.pdf (дата обращения 22.08.2025).
4. Сапрыкина, Н.А. Мобильное жилище для Севера / Н.А. Сапрыкина. – Ленинград : Стройиздат : Ленинградское отделение, 1986. – 213 с. – Текст : непосредственный.
5. Vráblová, E. Spatial Characteristics of Contemporary Prefabricated Modular Dormitory Cells / E. Vráblová, M. Czafik, B. Puškár. – Текст : электронный // SPATIUM. – 2022. – 47th ed. – P. 64–74. – URL: <https://clck.ru/3NoPw6> (дата обращения 22.08.2025).
6. Adler, D. Metric Handbook: Planning and Design Data / D. Adler. – Oxford : Architectural Press, 2007. – URL: <https://clck.ru/3NoQ4N> (дата обращения 22.08.2025). – Текст : электронный.
7. Kim, K. Affordable Modular Housing for College Students Emphasizing Habitability / Kim K., Kim J. – Текст : электронный // Journal of Asian Architecture and Building Engineering. – 2016. – № 15 (1). – P. 49–56. – URL: <https://clck.ru/3NoQ9g> (дата обращения 22.08.2025).
8. Phillips, D. Innovative Housing Adoption: Modular Housing for the Australian Growing Family / D. Phillips, M. Guaralda, S. Sawang. – Текст : электронный // Journal of Green Building. – 2016. – № 11 (2). – P. 147–170. – URL: <https://clck.ru/3NoQDx> (дата обращения 22.08.2025).
9. Henderson, E. Modular Construction for Energy-Efficient, Affordable Housing in Canada / E. Henderson. – Текст : электронный // RDH Technical Bulletin. – 2020. – № 13. – URL: <https://clck.ru/3NoQHx> (дата обращения 22.08.2025).

10. Lylykangas, K. Internationales Holzbau-Forum / K. Lylykangas. – Текст : электронный // Shape Factor as an Indicator of Heating Energy Demand. 2009. – URL: https://www.forum-holzbau.ch/pdf/ihf09_Lylykangas.pdf (дата обращения 22.08.2025).

11. Grazuleviciute-Vileniske, I. The Role of Aesthetics in Building Sustainability Assessment / I. Grazuleviciute-Vileniske, G. Viliunas, A. Daugelaite. – Текст : электронный // SPATIUM. – 45th ed. – P. 79–89 pp. – URL: <https://clck.ru/3NoiDy> (дата обращения 22.08.2025).

12. Grebenets, V. Geotechnical Safety Issues in the Cities of Polar Regions / V. Grebenets, D. Streletskiy, N. Shiklomanov. – Текст : электронный // Geography, Environment, Sustainability. – 2012. – № 3 (5). – P. 104–119. – URL: <https://clck.ru/3NoiDy> (дата обращения 22.08.2025).

13. Ashpiz, E.S. The Problems of the Railway Subgrade Construction in the Subarctic Part of the Russian Cryolithozone and the Ways of Their Solution / E.S. Ashpiz // Transportation Soil Engineering in Cold Regions : Vol. 1. – Springer, 2023. – P. 295–302. – URL: <https://clck.ru/3Noj3X> (дата обращения 22.08.2025). – Текст : электронный.

14. Broughton, H. Halley VI Antarctic Research Station / H. Broughton. – Текст : электронный // Space Architecture Symposium: Ground Systems and Terrestrial Applications I. 2006. – P. 584–591. – URL: <https://clck.ru/3NokHU> (дата обращения 22.08.2025).

16. Елистратов, В.В. Энергоснабжение в Арктике с использованием ВИЭ / В.В. Елистратов. – Текст : электронный // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2023. – № 1 (133). – С. 74–79. – URL: <https://clck.ru/3Nokwx> (дата обращения 22.08.2025).

17. Profiling a Wind Wheel Blade Using Parametric Optimization and Computational Aerodynamics Methods / I. Voinov, V. Elistratov, I. Keresten [и др.]. – Текст : электронный // Thermal Engineering. – 2024. – № 71. – P. 513–522. – URL: <https://clck.ru/3NomCH> (дата обращения 22.08.2025).

References

1. Pavlenko V.I. Arkticheskaya zona Rossiiskoi Federatsii v sisteme obespecheniya natsional'nykh interesov strany [Arctic Zone of the Russian Federation in the System of National Interests of the Country]. In: *Arktika: ekologiya i ekonomika* [Arctic: Ecology and Economy], 2013, no. 4, pp. 16–25. (In Russ., abstr. in Engl.)
2. Pavlenko V., Petrov A., Kutsenko S. Korennye malochislennye narody Rossiiskoi Arktiki (problemy i perspektivy razvitiya) [Indigenous Peoples of the Russian Arctic (Problems and Development Prospects)]. In: *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2019, no. 1, pp. 26–33. (In Russ., abstr. in Engl.)
3. Barchugova E.V., Gabitov S.T. Printsipy renovatsiya arkticheskogo subtsentra na primere g. Dudinka [Renovation Principles of the Arctic Sub-Center on the Example of Dudinka]. In: *Architecture and Modern Information Technologies*, 2022, no. 2

(59), pp. 111–128. URL: https://marhi.ru/AMIT/2022/2kvart22/PDF/08_barchugova.pdf (Accessed 08/22/2025). (In Russ., abstr. in Engl.)

4. Saprykina N.A. Mobil'noe zhilishche dlya Severa [Mobile Housing for the North]. Leningrad, Stroiizdat, Leningradskoe otdelenie [Sroyizdat, Leningrad branch], 1986, 213 p. (In Russ.)

5. Vráblová E., Czafik M., Puškár B. Spatial Characteristics of Contemporary Prefabricated Modular Dormitory Cells. In: 47th ed. SPATIUM, 2022, 64–74 pp. URL: <https://clck.ru/3NoPw6> (Accessed 08/22/2025). (In Engl.)

6. Adler D. Metric Handbook: Planning and Design Data. Oxford, Architectural Press, 2007. URL: <https://clck.ru/3NoQ4N> (Accessed 08/22/2025). (In Engl.)

7. Kim K., Kim J. Affordable Modular Housing for college Students Emphasizing Habitability. In: *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 2016, no. 15 (1), pp. 49–56. URL: <https://clck.ru/3NoQ9g> (Accessed 08/22/2025). (In Engl.)

8. Phillips D., Guaralda M., Sawang S. Innovative Housing Adoption: Modular Housing for the Australian Growing Family. In: *Journal of Green Building*, 2016, pp. 147–170. URL: <https://clck.ru/3NoQDx> (Accessed 08/22/2025). (In Engl.)

9. Henderson E. Modular Construction for Energy-Efficient, Affordable Housing in Canada. In: *RDH Technical Bulletin*, 2020, no. 13. URL: <https://clck.ru/3NoQHx> (Accessed 08/22/2025). (In Engl.)

10. Lylykangas K. Internationales Holzbau-Forum. In: *Shape Factor as an Indicator of Heating Energy Demand*. 2009. URL: https://www.forum-holzbau.ch/pdf/ihf09_Lylykangas.pdf (Accessed 08/22/2025). (In Engl.)

11. Grazuleviciute-Vileniske I., Viliunas G., Daugelaite A. The Role of Aesthetics in Building Sustainability Assessment. In: 45th ed. SPATIUM, 2021, 79–89 pp. URL: <https://clck.ru/3NoiDy> (Accessed 08/22/2025). (In Engl.)

12. Grebenets V., Streletskiy D., Shiklomanov N. Geotechnical Safety Issues in the Cities of Polar Regions. In: *Geography, Environment, Sustainability*, 2012, pp. 104–119. URL: <https://clck.ru/3NoiDy> (Accessed 08/22/2025). (In Engl.)

13. Ashpiz E.S. The Problems of the Railway Subgrade Construction in the Subarctic PART of the Russian Cryolithozone and the Ways of Their Solution. In: *Transportation Soil Engineering in Cold Regions*. Springer, 2023, no. 1, pp. 295–302. (Accessed 08/22/2025). (In Engl.)

14. Broughton H. Halley VI Antarctic Research Station. In: *Space Architecture Symposium: Ground Systems and Terrestrial Applications I*. 2006. URL: <https://clck.ru/3NokHU> (Accessed 08/22/2025). (In Engl.)

15. Younis M., Kahsay M., Bitsuamlak G. BIM-CFD Integrated Sustainable and Resilient Building Design for Northern Architecture. In: *ASHRAE Topical Conference Proceedings*, 2020. Chicago, 2020, pp. 584–591. URL: <https://clck.ru/3NokHU> (Accessed 08/22/2025). (In Engl.)

16. Elistratov V. Power Supply in the Arctic with Use of Renewable Energy Sources. In: *Delovoi Zhurnal Neftegaz.RU*, 2023, no. 1 (133), pp. 74–79. URL: <https://clck.ru/3Nokwx> (Accessed 08/22/2025). (In Russ.)

17. Voinov I., Elistratov V., Keresten I., Konishchev M., Nikitin M., Sofronova D. Profiling a Wind Wheel Blade Using Parametric Optimization and Computational Aerodynamics Methods. In: *Thermal Engineering*, 2024, no. 71, pp. 513–522. URL: <https://clck.ru/3NomCH> (Accessed 08/22/2025). (In Engl.)