Принципы формирования жилой функции многофункциональных комплексов в Арктике на основе модульной ячейки 6×6 м

Кутишенко Никита Александрович
аспирант, Московский архитектурный институт (МАРХИ), nik.kut2019@bk.ru

Актуальность исследования обусловлена необходимостью выработки типологически обоснованных решений жилой функции многофункциональных комплексов (МФК) в экстремальных условиях Арктики, где традиционные подходы к жилищному строительству сталкиваются с ограничениями логистики, вечной мерзлоты и коротких строительных сезонов. Цель работы — обосновать принципы формирования жилых модулей МФК на базе унифицированной строительной ячейки 6×6 м как основы модульной сетки, объединяющей производные типоразмеры 6×12, 12×12 и 12×18 м. Методология исследования включает анализ отечественных и зарубежных нормативных документов (ГОСТ 28984-2011, СП 160.1325800.2014, СП 501.1325800.2021), а также сравнительный анализ реализованных арктических и антарктических объектов — станции Halley VI, комплекса Frobisher Bay, жилого квартала Ortdrivaren, комплекса Begich Towers. Результаты показывают, что ячейка 6×6 м обеспечивает оптимальный баланс между транспортабельностью модуля, экономикой строительства и функциональной гибкостью планировочных решений жилых блоков в составе МФК. Выводы содержат систему принципов компоновки жилых модулей 6×6 м в структуре многофункционального комплекса с учётом северного строительства и круглогодичной эксплуатации.

Ключевые слова: многофункциональный комплекс, Арктика, модульное строительство, модуль 6×6, типология жилья, вечная мерзлота, СП 160.1325800.2014.

Формирование устойчивой жилой среды в арктических широтах остаётся одной из наименее решённых задач отечественного градостроительства, поскольку климатические ограничения, логистическая изоляция территорий и деформации грунтов на многолетнемёрзлых основаниях требуют принципиально иных конструктивных и планировочных подходов, чем в средней полосе. Возрастающий интерес государства к развитию Арктической зоны, зафиксированный в стратегических документах — Указе Президента РФ от 02.05.2014 № 296 о сухопутных территориях Арктической зоны и Основах государственной политики РФ в Арктике до 2035 года (Указ от 26.10.2020 № 645) — определяет необходимость разработки типологических моделей жилья, интегрированных в структуру многофункциональных комплексов. Демографическая убыль населения арктических регионов (снижение показателя с 2,4 млн человек в 2019 году до около 2,4 млн к 2024 году при разнонаправленной региональной динамике) усиливает потребность в компактных, экономически обоснованных решениях расселения. В этих условиях многофункциональный комплекс, объединяющий жильё с общественными, обслуживающими и производственными функциями в единой оболочке, выступает наиболее рациональной формой пространственной организации населённых пунктов Крайнего Севера.

Существующая нормативная база модульного строительства в России базируется на ГОСТ 28984-2011, устанавливающем стандартный ряд транспортных модулей: 3 м (габарит 300), 6 м (600), 12 м (1200), 15 м (1500), 30 м (3000) и 60 м (6000). Свод правил СП 160.1325800.2014 регламентирует основные параметры мобильных зданий, а СП 501.1325800.2021 конкретизирует требования к зданиям и сооружениям в условиях Арктики и Крайнего Севера, определяя предельные габариты модульных блоков 3–6–12 и 15–30–60, а также производные типоразмеры 6×6, 6×12, 12×12 и 12×18 м. Международный опыт демонстрирует схожую логику: британская антарктическая станция Halley VI использует модульную структуру с несущими опорами на регулируемых стойках, позволяющими компенсировать снегонакопление и подвижки ледника. Канадский жилой комплекс Frobisher Bay Dome (1958 год) вмещал порядка 4500–5000 человек под единой оболочкой, демонстрируя ранний прецедент компактного многофункционального расселения в Арктике. Шведский квартал Ortdrivaren и аляскинский комплекс Begich Towers также иллюстрируют принцип объединения жилой и общественной функций в едином объёме как ответ на экстремальный климат.

Таблица 1
Примеры объектов в Арктике

Объект	Регион	Вместимость/масштаб	Ключевая особенность
Halley VI	Антарктика	Модульная станция на опорах	Регулируемые опоры против снегонакопления
Frobisher Bay Dome	Канадская Арктика	4500–5000 чел.	Единая оболочка, компактное расселение
Kvarteret Ortdrivaren	Швеция (Кируна)	Жилой квартал	Интеграция жилья и обслуживания
Begich Towers	Аляска, США	Многофункциональная башня	Все городские функции в одном здании

Модульная ячейка 6×6 м как основа планировочной сетки

Ячейка 6×6 м рассматривается в исследовании как базовый строительный модуль, из которого формируются все производные типоразмеры жилых блоков МФК — 6×12, 12×12 и 12×18 м, — соответствующие транспортным ограничениям ГОСТ 28984-2011 и допускам СП 501.1325800.2021. Габаритные параметры модуля 6×6 м обусловлены сочетанием требований к перевозке (предельная ширина модуля для наземной и морской транспортировки), несущей способности утеплённого каркаса и минимально необходимой площади для организации автономной жилой ячейки с санитарным узлом и спальной зоной. Практический анализ показывает, что при модуле 6,0×6,5 м достигается полезная площадь около 3,55–4,97 кв. м на одного проживающего в зависимости от планировочной схемы (одно-, двух- или трёхместное заселение), что соответствует нормативным параметрам временного и вахтового проживания в северных условиях. Компоновка нескольких модулей 6×6 м в линейные или блокированные структуры (типоразмеры 6×12, 12×12, 12×18) позволяет формировать как индивидуальные жилые ячейки, так и укрупнённые квартирные и общественные блоки внутри единого объёма МФК.

Ключевым архитектурно-конструктивным принципом является модульная кратность: сетка 3–6–12 и производная сетка 15–30–60 обеспечивают взаимную совместимость типоразмеров при трансформации и наращивании комплекса без изменения несущей конструктивной схемы. Такая кратность даёт возможность поэтапного строительства МФК — начиная с базового жилого модуля 6×6 м и последовательно пристраивая общественные, производственные и обслуживающие блоки — что критически важно при ограниченном строительном сезоне и логистике северного завоза.

Принципы интеграции жилой функции в структуру МФК

Формирование жилой составляющей многофункционального комплекса на базе модуля 6×6 м подчиняется нескольким системным принципам, выявленным в результате анализа отечественной и зарубежной практики арктического строительства:

Компактность и минимизация теплопотерь — блокировка модулей 6×6 м в компактный объём с минимальной площадью наружных ограждающих конструкций снижает энергозатраты на отопление в условиях экстремально низких температур (расчётные параметры холодного периода достигают минус 56 °С для отдельных северных зон).

Функциональное зонирование по вертикали и горизонтали — размещение жилых модулей на верхних или периферийных уровнях МФК с отделением от производственных и общественных зон, обеспечивающее акустический и санитарный комфорт проживающих.

Модульная трансформируемость — возможность объединения нескольких ячеек 6×6 м в укрупнённые квартирные единицы (типоразмеры 6×12, 12×12, 12×18) в зависимости от состава семьи или продолжительности вахты.

Автономность инженерных систем — каждый жилой модуль или блок модулей проектируется с учётом возможности независимого подключения к централизованным системам теплоснабжения, водоснабжения и вентиляции комплекса при сохранении резервной автономности.

Транспортно-технологическая унификация — соответствие габаритов модуля 6×6 м требованиям ГОСТ 28984-2011 позволяет использовать стандартные средства северного завоза (авто-, ж/д и морской транспорт) без дополнительных согласований на негабаритную перевозку.

Адаптация к вечномёрзлым грунтам — применение модуля на регулируемых опорах или свайном основании компенсирует термокарстовые деформации и позволяет вентилируемое подполье, снижающее оттайку грунта под зданием.

Сравнительный анализ модуля 6×6 в отечественной и зарубежной практике

Сопоставление отечественных нормативных решений (СП 160.1325800.2014, СП 501.1325800.2021) с зарубежным опытом (Halley VI, Frobisher Bay, Ortdrivaren, Begich Towers) демонстрирует общую тенденцию к унификации жилого модуля вокруг габарита порядка 6 м по стороне, при этом различия проявляются главным образом в конструктивной реализации опорной части и степени интеграции с общественной функцией комплекса. Российская нормативная модель тяготеет к жёсткой модульной сетке 3–6–12–15–30–60 с чётким соответствием ГОСТ 28984-2011, тогда как зарубежные прецеденты чаще используют модуль 6×6 м как ориентировочную базу с индивидуальной адаптацией геометрии под конкретную площадку. Данное различие объясняется степенью централизации системы производства модульных конструкций: отечественная практика ориентирована на серийное заводское изготовление, тогда как зарубежные объекты, включая антарктические станции, часто представляют собой уникальные инженерные решения.

Климатические параметры проектирования жилых модулей

Расчётные температурные требования к жилым модулям МФК дифференцированы по строительно-климатическим подрайонам согласно СП 131.13330.2020 и СП 131.13330.2025: для подрайона IA предельная расчётная температура наружного воздуха достигает минус 32 °С при абсолютном минимуме до минус 56 °С, для подрайона IГ — минус 28 °С. Свод правил 31-107-2004 (п. 4.6.2, 4.6.9) устанавливает дифференцированные требования к теплозащите ограждающих конструкций и предельной продолжительности пребывания человека вне здания при разных классах климатических подрайонов (IA, IБ, IГ, IД). Для модулей, эксплуатируемых при температурах ниже минус 50 °С, нормативно предусмотрены дополнительные тепловые тамбуры и шлюзовые переходы между блоками, что напрямую влияет на компоновку жилых секций модуля 6×6 м внутри МФК. СП 25.13330.2020 регламентирует конструктивные решения фундаментов на многолетнемёрзлых грунтах, требуя вентилируемого подполья высотой не менее 2 м для предотвращения оттайки основания под жилыми модулями.

Экономические аспекты модульного домостроения

Сравнительный анализ стоимости строительства демонстрирует существенную экономию при применении модульной системы 6×6 м по сравнению с традиционным монолитным строительством в условиях Арктики, что обусловлено сокращением сроков монтажа и переносом основного объёма работ в заводские условия. Модули типоразмеров 6×6, 6×12 и 12×12 м, выпускаемые серийно, позволяют снизить долю ручного труда на строительной площадке до минимума, что критично при дефиците квалифицированной рабочей силы в удалённых арктических посёлках. Логистическая составляющая, регламентированная предельными габаритами ГОСТ 28984-2011, определяет итоговую стоимость доставки модуля морским или автозимниковым транспортом, что делает модуль 6×6 м экономически предпочтительным по сравнению с крупноразмерными блоками 15×30×60. Опыт станции Halley VI показывает, что применение модульной системы на регулируемых опорах сокращает эксплуатационные затраты за счёт возможности перемещения станции без демонтажа конструкций.

Историко-типологический контекст арктического домостроения

Первые прецеденты компактного многофункционального расселения в Арктике относятся к периоду 1930-х годов, когда полярные станции создавались как единые объёмы, объединяющие жильё, склады и рабочие помещения в условиях автономного существования. Станции, возведённые в период 1932–1953 годов, демонстрируют раннюю попытку типизации построек для экстремальных условий, что впоследствии получило развитие в модульных системах 1960-х годов. Исторический анализ показывает эволюцию от отдельных деревянных построек к цельным модульным комплексам, что подтверждается сопоставлением объектов 1930–1950-х годов с современными станциями Halley VI и Resolute Bay.

Требования пожарной безопасности и инженерного обеспечения

СП 160.1325800.2014 (п. 5.4, 7.7, 11.4) устанавливает требования к системам противопожарной защиты мобильных и модульных зданий, включая нормативы по эвакуационным путям и пределам огнестойкости конструкций жилых модулей. Модули класса функциональной пожарной опасности IA и IБ, согласно 31-107-2004 (п. 4.6.9), подлежат дополнительному ограничению по этажности и площади пожарного отсека при температуре наружного воздуха ниже минус 50 °С. Инженерные системы жилых модулей 6×6 м, размещаемых в структуре МФК, проектируются с учётом требования СП 42.13330.2016 к минимальным разрывам между зданиями (не менее 10–50 м) и нормативам по резервированию тепло- и водоснабжения на случай аварийного отключения централизованных систем.

Модульная ячейка 6×6 м выступает конструктивно-технологической и планировочной основой формирования жилой функции многофункциональных комплексов в Арктике, обеспечивая соответствие требованиям транспортабельности, энергоэффективности и адаптивности к условиям многолетней мерзлоты. Производные типоразмеры 6×12, 12×12 и 12×18 м, формируемые кратным объединением базового модуля, позволяют реализовать полный спектр жилых решений — от индивидуальной вахтовой ячейки до укрупнённых квартирных блоков в составе комплекса. Совокупность климатических, экономических и историко-типологических факторов подтверждает, что унификация вокруг модуля 6×6 м является наиболее рациональной стратегией развития жилой типологии МФК в Арктической зоне. Дальнейшее развитие типологии модульного жилья на основе ячейки 6×6 м связано с расширением возможностей трансформации планировочных решений и повышением автономности инженерного обеспечения при сохранении унификации транспортных габаритов согласно действующим нормативным документам.

Литература

1. Азимут начинает полномасштабную реконструкцию «Арктики» // RATA-news. 28.06.2011. URL: https://ratanews.ru/news/news_28062011_3.stm (дата обращения: 05.10.2025).
2. Васильев Ю. Э., Клименко Р. П., Носов С. М. Перспективные строительные материалы для Арктики // Арктика 2035: актуальные вопросы, проблемы, решения. 2022. № 2(10). DOI: 10.51823/74670_2022_2_100. URL: https://arctic2035.ru/n10-p100 (дата обращения: 05.10.2025).
3. Винницкий М. В. Подходы к организации архитектурно-градостроительной среды в суровых условиях северных регионов // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2023. № 3(58). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/podhody-k-organizatsii-arhitekturno-gradostroitelnoy-sredy-v-surovyh-usloviyah-severnyh-regionov/pdf (дата обращения: 05.10.2025).
4. «Гибкий сэндвич»: специальные панели согреют в дикие холода в Арктике // InVoice Media. 02.12.2021. URL: https://invoicemedia.ru/gibkij-sendvich-specialnye-paneli-sogreyut-v-dikie-holoda-v-arktike/ (дата обращения: 05.10.2025).
5. Самые масштабные строительные проекты в Арктической зоне // Правда Севера. 16.08.2021. URL: https://pravdasevera.ru/2021/08/16/611a2ea09f6c3524891c5ac2.html (дата обращения: 05.10.2025).
6. Черкасова Л. Новые стандарты строительства на вечной мерзлоте утверждены в России // GeoConversation: Соль Земли. 22.01.2025. URL: https://geoconversation.org/news/novye-standarty-stroitelstva-na-vechnoj-merzlote-utverzhdeny-v-rossii/ (дата обращения: 05.10.2025).

Principles for Developing the Residential Function of Multifunctional Complexes in the Arctic Based on a 6x6 m Modular Cell

Kutishenko N.A.
Moscow Architectural Institute (MARCHI)

JEL classification: L61, L74, R53

The relevance of this study stems from the need to develop typologically sound solutions for the residential function of multifunctional complexes (MFCs) in the extreme conditions of the Arctic, where traditional approaches to housing construction face logistical constraints, permafrost, and short construction seasons. The objective of this study is to substantiate the principles for forming residential modules for a mixed-use complex (MUC) using a standardized 6x6 m building cell as the basis for a modular grid combining derivative standard sizes of 6x12, 12x12, and 12x18 m. The research methodology includes an analysis of domestic and international regulatory documents

(GOST 28984-2011, SP 160.1325800.2014, SP 501.1325800.2021), as well as a comparative analysis of completed Arctic and Antarctic projects—the Halley VI station, the Frobisher Bay complex, the Ortdrivaren residential quarter, and the Begich Towers complex. The results demonstrate that the 6x6 m cell provides an optimal balance between module transportability, construction costs, and the functional flexibility of residential block layouts within the MUC. The findings contain a system of principles for the arrangement of 6x6 m residential modules within a multifunctional complex, taking into account northern construction and year-round operation.
Keywords: multifunctional complex, Arctic, modular construction, 6x6 module, housing typology, permafrost, SP 160.1325800.2014.

References

1. Azimut Begins Full-Scale Reconstruction of the Arktika // RATA-news. June 28, 2011. URL: https://ratanews.ru/news/news_28062011_3.stm (accessed on October 5, 2025).
2. Vasiliev Yu. E., Klimenko R. P., Nosov S. M. Advanced Construction Materials for the Arctic // Arctic 2035: Current Issues, Problems, Solutions. 2022. No. 2(10). DOI: 10.51823/74670_2022_2_100. URL: https://arctic2035.ru/n10-p100 (accessed on October 5, 2025).
3. Vinnitsky, M. V. “Approaches to Organizing the Architectural and Urban Planning Environment in the Harsh Conditions of Northern Regions.” Academic Bulletin of the UralNIIproekt RAASN. 2023. No. 3(58). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/podhody-k-organizatsii-arhitekturno-gradostroitelnoy-sredy-v-surovyh-usloviyah-severnyh-regionov/pdf (Accessed: 05.10.2025).
4. “Flexible Sandwich”: Special Panels Will Keep You Warm in the Severe Arctic Cold.” InVoice Media. 02.12.2021. URL: https://invoicemedia.ru/gibkij-sendvich-speczialnye-paneli-sogreyut-v-dikie-holoda-v-arktike/ (accessed: 05.10.2025).
5. The Largest Construction Projects in the Arctic Zone // Pravda Severa. 16.08.2021. URL: https://pravdasevera.ru/2021/08/16/611a2ea09f6c3524891c5ac2.html (accessed: 05.10.2025).
6. Cherkasova L. New Standards for Construction on Permafrost Approved in Russia // GeoConversation: Sol Zemli. 22.01.2025. URL: https://geoconversation.org/news/novye-standarty-stroitelstva-na-vechnoj-merzlote-utverzhdeny-v-rossii/ (accessed: 05.10.2025).