

ARCHITECTURE

CONSTRUCTION PHASES OF MODULAR HOUSING

Saibulatova A.

*Associate Professor, International Educational Corporation,
Almaty*

Rakhimzhanova A.

Student, International Educational Corporation, Almaty

ЭТАПЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МОДУЛЬНОГО ЖИЛИЩА

Сайбулатова А.

*Ассоциированный профессор, Международная
Образовательная Корпорация, Алматы*

Рахимжанова А.

*Студент, Международная Образовательная Корпорация,
Алматы*

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14235987>

Abstract

This paper explores the foundational principles of modular housing, the evolution of its design and application, key strengths and limitations, and the latest advancements in this construction field. It also includes an evaluation and review of existing implementations.

The primary outcomes of modular construction include a substantial decrease in construction time and expenses, enhanced durability, eco-friendliness, and the ability to meet diverse needs and conditions, such as seismic resilience, climate adaptability, and soil characteristics.

Аннотация

В данной статье исследуются основные принципы модульного строительства, этапы его становления и применения, ключевые преимущества и недостатки, а также современные достижения в данной области. В работе представлен обзор и анализ уже реализованных проектов.

Основными результатами модульного строительства являются существенное сокращение сроков и затрат на строительство, повышение прочности, экологическая устойчивость, а также возможность адаптации под различные требования и условия, включая сейсмическую активность, климатические особенности и свойства грунтов.

Keywords: modular housing, sustainability, regulations, rapid construction, BIM technologies, climate resilience, production, cost efficiency.

Ключевые слова: модульное строительство, устойчивость, нормативы, скорость возведения, BIM технологии, адаптация к климату, производство, экономия затрат.

Введение. Модульное жилищное строительство (MiC) стало революционным решением в современной архитектуре и градостроительстве, позволяющим эффективно справляться с глобальными вызовами, такими как урбанизация, нехватка жилья и необходимость устойчивого развития. Отличаясь процессом предварительного изготовления на производственных площадках и последующей сборки на строительной площадке, модульное строительство предлагает значительные преимущества, включая сокращение сроков возведения, экономию затрат и экологическую устойчивость. Эти особенности делают его особенно востребованным в таких странах, как Норвегия, где строгие строительные нормы, суровые климатические условия и стремление к экологичности задают стандарты отрасли.

Внедрение MiC обусловлено рядом глобальных и региональных тенденций. Рост численности городского населения требует масштабируемых и быстрых решений в строительстве, а увеличение экологической осведомленности требует использования методов с минимальным воздействием на

окружающую среду. Кроме того, технологические достижения, такие как информационное моделирование зданий (BIM), повышают точность и интеграцию модульных проектов, минимизируя отходы и улучшая общую эффективность.

В данной статье представлен всесторонний анализ этапов строительства модульного жилья: от проектирования и изготовления до транспортировки и сборки. Также оценивается роль модульного строительства в решении таких задач, как климатическая устойчивость, адаптация к особенностям грунта и соблюдение местных нормативов. Рассматривая примеры из практики и существующие реализации, работа демонстрирует потенциал модульного жилья в трансформации современных строительных практик и удовлетворении разнообразных общественных и экологических потребностей.

Проектирование и планирование — ключевой этап, определяющий успех модульного жилищного строительства, поскольку именно здесь формируется основа всех последующих процессов. Этот

этап начинается с анализа участка строительства, включающего оценку грунтов, климатических условий и доступности коммуникаций. Правильно выполненное планирование помогает минимизировать риски и оптимизировать ресурсы на этапе реализации.

Одним из главных инструментов, применяемых на этапе проектирования, является моделирование информации о здании (BIM). Эта технология позволяет интегрировать все данные о проекте, начиная от концептуальной разработки модульных блоков до планирования логистики их транспортировки. Использование BIM помогает устранить возможные ошибки при сборке, улучшить координацию между участниками проекта и повысить энергоэффективность зданий, благодаря анализу энергопотребления ещё на стадии проектирования.

Устойчивое строительство требует применения материалов с низким углеродным следом, таких как переработанная древесина, экологически чистый бетон или панели с утеплителем из возобновляемых источников. Внимание к теплоизоляции и герметичности конструкций на этом этапе закладывает основу для повышения энергоэффективности готового здания.

Интеграция возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели или системы рекуперации тепла, должна быть учтена на этапе проектирования. Это позволяет модульным зданиям соответствовать строгим стандартам устойчивости, обеспечивая снижение эксплуатационных расходов и минимизацию углеродного следа.

Таким образом, этап проектирования и планирования не только обеспечивает соответствие требованиям строительных норм, но и задаёт направление для создания инновационных, экологически чистых и эффективных жилых решений.

Этап транспортировки и сборки является одной из ключевых составляющих модульного жилищного строительства, от которого зависит своевременность и качество реализации проекта. Предварительно собранные модульные компоненты изготавливаются на производственных предприятиях и доставляются на строительный участок в готовом виде. Этот процесс требует тщательной организации логистики и учета множества факторов, включая размеры модулей, доступность маршрутов и климатические условия.

Организация транспортировки крупных модульных компонентов сопряжена с рядом сложностей. Необходим учет рельефа местности, таких как горные участки или удаленные районы, где традиционные транспортные средства могут быть ограничены. Планирование маршрутов также включает анализ дорожной инфраструктуры, чтобы избежать повреждений модулей во время транспортировки.

Процесс сборки модульного здания на участке начинается с подготовки фундамента, который должен точно соответствовать спецификациям модулей. Затем модули соединяются в единую конструкцию с использованием кранов и других строительных механизмов.

Модульное строительство обладает большим потенциалом для использования в удаленных или

труднодоступных районах, где традиционное строительство затруднено. Благодаря предварительному производству модулей, процесс строительства становится менее зависимым от местных климатических условий, а быстрая сборка на месте позволяет значительно сократить время проекта. Это делает модульное строительство эффективным решением для регионов с ограниченной строительной инфраструктурой.

Модульные дома обладают значительным потенциалом в области энергоэффективности и устойчивого строительства. Ключевым аспектом энергоэффективности модульных домов является внедрение продвинутых проектных решений. Использование тройных стеклопакетов и материалов с высокими теплоизоляционными свойствами помогает свести к минимуму теплопотери даже в суровых климатических условиях. Также широко применяются стандарты пассивного дома, предполагающие максимальную герметичность конструкции, оптимизацию вентиляции и минимизацию затрат на отопление. Эти меры позволяют создать комфортные условия проживания при снижении энергозатрат.

Модульное строительство предлагает широкие возможности для интеграции возобновляемых источников энергии. Установка солнечных панелей на крыше модульных домов, использование тепловых насосов и системы сбора дождевой воды не только снижают углеродный след зданий, но и обеспечивают долгосрочную экономию для владельцев.

Переход к стандартам почти нулевого энергопотребления (nZEB) является приоритетной задачей для строительной отрасли во всем мире. Модульное строительство демонстрирует высокую эффективность в достижении этих целей благодаря сокращению эксплуатационных расходов и снижению углеродных выбросов. Использование технологий, таких как информационное моделирование зданий (BIM), в сочетании с ранней интеграцией устойчивых решений на этапе проектирования позволяет модульным домам достичь стандартов nZEB быстрее и экономичнее, чем это возможно при использовании традиционных строительных методов.

По всему миру уже реализованы многочисленные примеры энергоэффективных модульных домов, которые соответствуют строгим экологическим стандартам. Например, проекты, спроектированные в соответствии с принципами пассивного дома, продемонстрировали снижение энергопотребления на 30-40% по сравнению с традиционными зданиями. Эти дома включают высокоэффективную изоляцию, герметичность и современные системы вентиляции, что значительно снижает потребности в отоплении и охлаждении. Примером является *Lindner Passive House* в Германии, который демонстрирует модульный подход к устойчивому строительству, а также *The Hive* в Великобритании — модульное здание, спроектированное по стандартам пассивного дома и оснащенное возобновляемыми энергетическими системами, такими как солнечные панели и вентиляция с рекуперацией тепла.



Рис. 1. Lindner Passive House в Германии.



Рис. 2. The Hive, Англия, Вустер.

Эти примеры подчеркивают потенциал модульного строительства в достижении целей по декарбонизации и устойчивому развитию. Модульные здания, благодаря энергоэффективным решениям и адаптируемости к различным климатическим условиям, становятся неотъемлемой частью современной архитектуры, особенно в регионах с высокими требованиями к экологичности и энергоэффективности.

Модульное строительство сталкивается с рядом вызовов, которые ограничивают его более широкое применение и требуют комплексного подхода для их преодоления. Одной из главных проблем является соответствие модульных конструкций строительным нормам и зонированию. В странах с высокими стандартами в этой области процесс согласования проектов может быть затруднен. Строгие требования к энергоэффективности и безопасности часто требуют значительных усилий для адаптации модульных решений к местным нормативам, что может замедлить их внедрение.

Хотя модульное строительство обладает экономическими преимуществами в долгосрочной перспективе, высокие начальные инвестиции остаются значительным препятствием. Производство модульных единиц с использованием качественных материалов, соблюдение экологических

стандартов и внедрение инновационных технологий на этапе проектирования и строительства увеличивают затраты, что может стать барьером для малых и средних застройщиков.

Еще одной проблемой является недостаточная осведомленность и опыт в области модульного строительства среди архитекторов, инженеров и застройщиков. Традиционная строительная отрасль часто относится к новым методам с сомнением, что замедляет внедрение инновационных решений. Кроме того, дефицит специалистов, знакомых с процессом проектирования, производства и сборки модульных зданий, может повлиять на качество реализации проектов.

Несмотря на активное использование современных технологий, таких как моделирование информации о здании (BIM), модульное строительство все еще сталкивается с определенными технологическими ограничениями. Например, логистика транспортировки крупных модулей на удаленные участки может стать проблемой, особенно в регионах с труднодоступной местностью. Постоянное внедрение инноваций для повышения энергоэффективности и адаптации к новым требованиям также остается важной задачей.

Для решения этих проблем необходим комплексный подход, включающий обновление нормативно-правовой базы, субсидирование начальных затрат, проведение образовательных программ для

специалистов и инвестиции в исследования и разработки. Эти меры помогут ускорить внедрение модульного строительства и раскрыть его потенциал в решении задач современного жилищного строительства.

Заключение. Модульное строительство является эффективным решением для устойчивого и энергоэффективного жилья, играя ключевую роль в решении проблем урбанизации и изменения климата. Оно помогает снизить углеродный след, уменьшить эксплуатационные расходы и повысить энергоэффективность зданий. Современные технологии, такие как BIM, 3D-печать и искусственный интеллект, уже вносят значительные улучшения в проектирование и строительство, ускоряя процессы и повышая точность. В ближайшие десятилетия модульное жилье станет более адаптированным к требованиям энергоэффективности, в том числе стандартам nZEB, и интеграции возобновляемых источников энергии. Модульные здания также эффективно решают проблемы климатической адаптивности, обеспечивая жильем людей в экстремальных климатических условиях. Для дальнейшего развития этой технологии необходимы инвестиции в исследования, инновации и реформы строительных норм.

Список литературы:

1. Процесс модульного строительства [https://www.modular.org/2022/01/28/inside-the-modular-building-process/]
2. Виды, применение, особенности и преимущества модульных зданий [https://www.iqsdirectory.com/articles/modular-buildings.html]

3. Critical Review of trends in modular integrated construction research with a focus on sustainability [https://www.mdpi.com/2071-1050/14/19/12282]
4. Revolutionizing the 4D BIM Process in Modular Construction [https://www.mdpi.com/journal/sustainability]
5. "Opportunities and Challenges in the Implementation of Modular Construction Methods for Urban Revitalization" [https://www.mdpi.com/2071-1050/16/16/7242]
6. The Hive [https://www.archdaily.com/225962/the-hive-feilden-clegg-bradley-studios]
7. Sustainable Performance of Buildings through Modular Prefabrication in the Construction Phase: A Comparative Study [https://www.mdpi.com/2071-1050/11/20/5658]
8. Opportunities and Challenges in the Implementation of Modular Construction Methods for Urban Revitalization [https://www.mdpi.com/2071-1050/16/16/7242]
9. Sutton, S.A. Urban Revitalization in the United States: Policies and Practices; 2008 [https://www.columbia.edu/cu/c2arl/pdf_files/USURRP_Phase_I_Final_Report.pdf]
10. Grodach, C.; Loukaitou-Sideris, A. Cultural development strategies and urban revitalization. *Int. J. Cult. Policy* 2007, 13, 349–370. [https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10286630701683235]