

ARCHITECTURE

CONCEPTUAL SOLUTION IN ARCHITECTURALLY MODULAR DEVELOPMENTS

Saibulatova A.

*Associate Professor, International Educational Corporation,
Almaty*

Yestemessova K.

Student, International Educational Corporation, Almaty

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ В АРХИТЕКТУРНО-МОДУЛЬНЫХ ЗАСТРОЙКАХ

Сайбулатова А.

*Ассоциированный профессор, Международная
Образовательная Корпорация, Алматы*

Естемесова К.

*Студент, Международная Образовательная Корпорация,
Алматы*

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14169099>

Abstract

This article will discuss the basic concept of modular construction, the history of its origin and development, a number of advantages and disadvantages, what technologies are developing in this sector of construction, as well as analyses and studies of existing projects.

The main results of modular construction are significant reduction of time and costs, sustainability and environmental friendliness, as well as adaptation to different requirements and conditions, such as seismicity, weather conditions, soil, etc.

Аннотация

В данной статье будет рассматриваться основная концепция модульной застройки, история её возникновения и развития, ряд преимуществ и недостатков, какие технологии развиваются в этой отрасли застройки, а также будет проведен анализ и изучения уже существующих проектов.

Основные результаты модульной застройки является значительное сокращение времени и затрат, устойчивость и экологичность, а также адаптация к различным требованиям и условиям, такие как сейсмичность, погодные условия, грунт и т.д.

Keywords: modular construction, energy efficiency, standards, speed, BIM technology, weathering, manufacturing, minimal costs.

Ключевые слова: модульная застройка, энергоэффективность, стандарты, скорость, BIM технологии, погодные условия, производство, минимальные затраты.

Введение. Модульной застройкой называют метод строительства, путем которого различные блоки и секции необходимые для сборки жилого дома, производятся непосредственно в цехе или на заводе, затем в кратчайшие сроки собирается в сооружение на самом участке. Этот метод строительства приобретает все больше и больше популярность в современном мире в условиях быстрого роста населения, нехватки доступного и устойчивых сооружений. Модульные дома могут быть как временные, так и постоянные в зависимости от назначения.

История возникновения. Если говорить о том, откуда появилась модульная застройка, стоит углубиться в историю её возникновения. Первые модульные застройки появились еще XIX веке с развитием железнодорожного транспорта, где модульные конструкции и различные контейнеры использовались не только для транспортировки различных товаров, но и для жилья. 20-е годы XX века, когда началось усердное развитие производства, архитекторы пришли к идее разработки сборных домов. Одним из ярких примеров может служить проект «Welfare Housing» (социальное жилье) в Великобритании [1].



Рисунок 1. «Welfare Housing» в Великобритании.

Позже, во второй половине XX века, в связи разрушениями вызванной Второй Мировой Войны, модульная застройка начала приобретать особую популярность. Это было связано с необходимостью быстрого и недорогого восстановления сооружений, в связи с чем распространилось производство сборных конструкций. 1990-х и 2000-х года модульная застройка начала адаптироваться и эволюционировать с появлением компьютерного программирования (CAD) [2]. В те годы модульная застройка начала приобретать более сложные и эстетические формы. XXI веке модульная застройка снова начала приобретать популярность с связи с развитием тенденции на экологические и энергоэффективные сооружения. Развитые страны начали внедрять использование устойчивых материалов и технологии в строительстве.

Преимущество. В современном мире модульная жилая застройка становится привлекательной идеей не только для подрядчиков, но и для заказчиков. Ведь такая застройка обладает рядом преимуществ. Первое преимущество модульной жилой застройки, которая является и основной – *скорость строительства*. Модули производятся в цеху параллельно с подготовкой участка и фундамента, что значительно сокращает время на возведения сооружения. Далее готовые модульные конструкции собираются на участке. Это занимает значительно меньше времени, нежели традиционная постройка здания, где требуются значительно больше количество рабочих и материалов для ручной работы. *Стандартизация.* Проекты модульных зданий обычно разрабатываются по определенным стандартам, что упрощает процесс проектирования и согласования индивидуальных решений заказчика. *Снижение погодных рисков.* Если в традиционной постройке погодные условия значительно уменьшают эффективность и скорость постройки, то модульная застройка не зависит от погодных условий, так как модули собираются в закрытом помещении. Это значительно снижает вероятность задержек постройки. *Гибкость и адаптивность* проектирования является ключевым моментом модульного строительства. Так как модульная застройка состоит из разных состоящих элементов, их можно без всяких сложностей комбинировать и создавать разные конфигурации и формы жилой застройки. При изменении каких-либо условий и предпочтении заказчика, изменить функциональность и

форму сооружений не возникнет сложностей. Так же можно не только изменить, но и адаптировать разные модули под другие зоны или формы жилой застройки. *Упрощение в сфере логистики.* Все необходимые модули производятся непосредственно на самом заводе и доставляются сразу на строительный участок, что помогает заранее распланировать и рассчитать логистику и это позволяет минимизировать расходы и средства заказчика.

Еще одним преимуществом модульной застройки является его *масштабируемость*. Модули можно увеличить или добавить дополнительные модули к уже существующему зданию или проекту. Это делает модульную застройку более эффективным по сравнению с традиционным строительством, что позволяет развивать инфраструктуру в жилой застройке.

Технологий. Если говорить о том, какие в наше время существуют технологии, их достаточно количество и с каждым разом внедряются все больше и больше новых технологий.

Например, 3D печать уже активно используется в проектировании модульной застройки. Использование 3D принтера для создания модульных элементов помогает значительно сократить время изготовления и затраты. Так же в модульной застройке существует *контейнерное строительство* суть которого заключается в переоборудовании морских контейнеров в жилые модули. Этот способ создания модульной застройки стала популярной благодаря его доступности и прочности. Так же этот способ позволяет в кратчайшие сроки реализовать проекты. *BIM технологии* активно используются спросом в модульной застройке. Это обеспечивает эффективное проектирование, планирование и управление проектами. BIM позволяет создать точные цифровые 3D модели модульных зданий, включая все их элементы - от структурных компонентов до инженерных систем (вентиляция, электрика, водоснабжение). *Энергоэффективные технологии* тоже не обошли стороной модульную застройку. Использование изолирующих материалов, солнечных панелей и систем рекуперации тепла способствует снижению энергозатрат. *Каркасные технологии (steel frame и timber frame)* считается одним из рядовых технологий по производству модульных элементов. Применение стальных и деревянных каркасов позволяет создавать легкие, но в то же время прочные модульные конструкции. Так

же эта технология успешна низким энергопотреблением при обработке, изготавливается из возобновляемых источников. Конструкция изготавливается из деревянных профилей и располагаются в форме квадрата. Впоследствии деревянные плиты

соединяются с цементными плитами и облицовкой для формирования стены. Кроме того, внутри проектируемых зданий предусматриваются мембраны для усиления теплоизоляции и звукоизоляции.

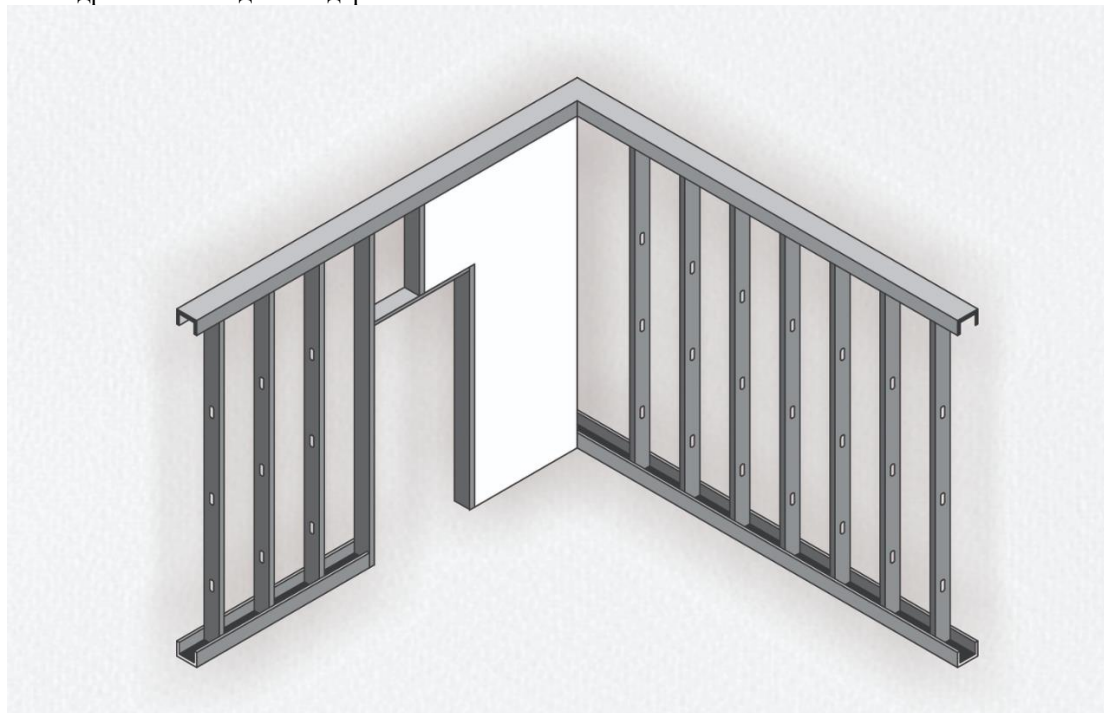


Рисунок 2. Каркасная технология steel frame и timber frame.

Технология CLT (Cross Laminated Timber) перекрестно-клееная древесина считается инновационной технологией в модульной застройке. CLT представляет собой многослойные деревянные панели, склеенные так, что каждый слой древесины располагается перпендикулярно предыдущему. Этот подход значительно увеличивает прочность и стабильность материала, делая его подходящим для несущих конструкций. Благодаря перекрестному расположению слоев древесины CLT-панели обладают высокой прочностью на изгиб, сжатие и растяжение. Это позволяет использовать их для созда-

ния как несущих стен, так и перекрытий в модульных зданиях. Главные преимущества CLT является экологичность, энергоэффективность, огнестойкость и гибкость. Также CLT-панели обладают хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами, что повышает комфорт в зданиях, построенных с их использованием. Благодаря модульности и легкости монтажа, CLT-панели позволяют сократить сроки строительства и снизить затраты на транспортировку и установку, что делает технологию привлекательной для городского и малоэтажного строительства.



Рисунок 3. Дом из CLT панелей.

Технологии быстрой сборки и разборки модулей (*flat-pack* и *volumetric modular construction*) является одним из самых инновационной технологий в сфере модульной застройки. Эта технология застройки обеспечивает высокую гибкость, быструю реализацию проекта и снижает затраты для проектирования от жилых до коммерческих зданий. Технология *flat-pack* получил широкую популярность среди модульных конструкций благодаря компании ИКЕА, которая использует эту технологию для изготовления мебели. Главная концепция этой технологии заключается в том, что разные части дома производятся в цехе в виде отдельных элементов для компактной транспортировки и упаковки. Это уменьшает затраты на транспорт и упрощает логистику. Как только все необходимые элементы доставляются на участок, они собираются в единую конструкцию с помощью болтов, крепежей и других монтажных элементов. Еще одним важным преимуществом технологии *flat-pack* является гибкость в проектировании. Стандартизированные элементы позволяют легко адаптировать конструкции под индивидуальные нужды заказчика. Например, модули могут быть подобраны в зависимости от конкретных размеров или функци-

ональных требований, таких как количество комнат, высота потолков или потребность в дополнительных помещениях. *Flat-pack* конструкции подходят для создания различных типов зданий: от временных сооружений, таких как выставочные павильоны и мобильные офисы, до более сложных постоянных построек, включая жилые дома и учебные заведения.

Компактная упаковка и возможность быстрой сборки на месте также значительно облегчают процесс расширения или изменения конструкции в будущем. *Flat-pack* модули можно добавить к существующему зданию, не прибегая к дорогостоящим и времязатратным строительным работам. Это особенно удобно для компаний, которые планируют расширение рабочих площадей по мере роста, или для частных домовладельцев, которые хотят модернизировать свои дома. Гибкость и модульность *flat-pack* позволяют легко перестраивать помещения в соответствии с новыми потребностями без значительных усилий и затрат.

Таким образом, технология *flat-pack* является универсальным решением для самых разных типов зданий. Её могут применять в проектах, где требуется быстрое возведение, минимизация затрат, а также возможность последующих модификаций.



Рисунок 4. Технология flat –pack в модульной застройке.

Volumetric modular construction (объемная модульная конструкция). Эта технология представляет собой производство модулей в виде трехмерных готовых блоков на заводе, затем соединяются

в готовое здание на строительной площадке. Модули соединяются между собой с минимальными доработками, что позволяет сократить количество строительных бригад и затрат.



Рисунок 5. Volumetric modular construction. Пример.

Отличие volumetric modular construction от flat –pack в том, что volumetric modular construction имеет очень объемные модули. При транспортировке это занимает достаточно много места, что делает логистику дорожной.

Примеры. Модульная застройка имеет динамичное развитие в нашем современном мире. Существуют достаточное количество достойных и ярких примеров модульной застройки. Эти проекты

доказывают актуальность этой темы и как современные технологии помогают сокращать сроки возведения зданий и денежные средства.

1) Киевское бюро «Балбек» предлагает проект Re Ukraine, который представляет собой модульную деревню для обеспечения жильем беженцев на Украине. Схема строительства жилья основана на стандартизированном деревянном каркасе,

который можно оснастить различными интерьерами для создания жилых помещений, общих кухонь, ванных комнат и общественных пространств.

Эти блоки можно складывать друг на друга и объединять в более крупные конструкции, перемещая их площадями и зелёными зонами, чтобы создать всё, начиная от поселения на 100 человек и заканчивая небольшим городом на 8200 человек.



Рисунок 6. Проект Re Ukraine

2) Отель citizenM Bowery, спроектированный в Нью-Йорке, является самым высоким модульным отелем в США. Отель площадью 10 000 квадратных

метров, изначально спроектированный как монолитное здание, состоит из 21 этажа и 300 модульных номеров.



Рисунок 7. Отель citizenM Bowery.

Не каждое пространство подходило для модульного строительства, поэтому первые четыре этажа, ограждающие общественные зоны, построены из бетона, увенчанного 36-дюймовым бетонным столом транспортной конструкции, на котором расположены модульные гостиничные номера. Модули не являются морскими контейнерами, а представляют собой примерно транспортные контейнеры размером 48 футов в длину на 8 футов на 9 футов (два гостиничных номера и немного коридора), поэтому их можно экономично транспортировать и перемещать по городским улицам, без труда. В рамках преобразования в модульную конструкцию разделили здание на три основных секции. Первая секция, до четвёртого этажа, по-прежнему представляет собой монолитное здание с 36-дюймовой плитой и пролётами до 38 футов для поддержки модульных компонентов. На плите расположены 15 этажей с гостиничными модулями, а остальные этажи состоят из стальных конструкций. В здании также предусмотрена поперечная система, состоящая из «отдельного бетонного ядра» и поперечной стены между двумя северными моду-

лями. Среди других особенностей отеля — площадь 4000 квадратных футов, бар и лаунж-зона на крыше, ресторан и коворкинг.

3) Небоскрёб Mini Sky City, который был построен в Китае в городе Чанша. Что делает этот небоскрёб особенным от других? Этот небоскрёб с высотой 57 этажей был построен за кратчайшие сроки, за 19 дней. Построила этот небоскрёб корпорация Broad Sustainable Building, которая известна использованием в строительстве технологий быстро возводимых сборных домов. Секрет этой компании заключается в максимально возможной подготовке всех конструктивных элементов зданий на отдельных заводских площадках, а также идеальном и безошибочном логистическом процессе. После окончательной сдачи в эксплуатацию в Mini Sky City разместятся 800 жилых квартир, а также офисное пространство на 4 тысячи человек. Оператором здания станет сама компания Broad Sustainable Building, это будет одна из ее штаб-квартир. Небоскрёб Mini Sky City будет отличаться от других высоток в городе Чанша активным использованием «зеленых» технологий, в том числе, и тройной очисткой воздуха как в самих помещениях здания, так и снаружи.



Рисунок 8. Небоскрёб Mini Sky City.

4) Башня-капсула "Накагин". Это модульное здание расположено в Японии, в городе Токио. Был построен в 1972 году архитектором Кисе Курокава и был признан шедевром японской архитектуры метаболизма. Здание похоже на большую прачечную, так как каждый модуль был похож на стиральную машину. Эти стиральные машины не что иное, как

квартиры-модули. Система капсул должна была стать воплощением прогресса, практичности и гармонии. Предполагалось, что ячейки будут меняться по мере износа, примерно раз в 25 лет, но до сих пор этого не произошло и на сегодняшний день комплекс находится в довольно плачевном состоянии.



Рисунок 9. Башня-капсула "Накагин".

Прогнозы показывают, что модульная застройка будет востребована и будет играть ключевую роль в решении глобальных проблем, таких как нехватка доступного жилья, быстрое восстановление городов после стихийных бедствий. Использование инновационных материалов, цифровых решений и новых техник проектирования быстро возводимых зданий создает прочные основания для устойчивого роста в ближайшие годы.

Заключение. Модульная застройка продолжает развиваться и набирать популярность, становясь важной составляющей современного строительства. Этот подход позволяет возводить здания быстро и эффективно, что делает его особенно привлекательным в условиях высоких темпов урбанизации и растущих требований к скорости строительства. Модульные конструкции собираются заранее в заводских условиях, что позволяет снизить время на строительной площадке и обеспечить высокое качество конечного продукта за счёт строгого контроля на всех этапах производства.

С каждым годом появляются новые технологии и методы, улучшающие процесс модульного строительства. Современные инновации делают возможным ещё более быстрое возведение зданий с минимальными затратами и высокой точностью. Использование модульных технологий снижает уровень строительных отходов, так как процесс сборки модулей более предсказуем и менее зависит от погодных условий и других внешних факторов, что важно для экологической устойчивости. Экологические аспекты играют всё более значимую роль, что усиливает привлекательность модульного строительства. Уменьшение углеродного следа и поддержание экологической устойчивости становятся важными задачами, и модульные технологии позволяют достигать этих целей за счёт эффективного использования ресурсов и снижения выбросов. Компании все чаще обращают внимание на исполь-

зование экологически чистых материалов и оптимизацию процессов для снижения воздействия на окружающую среду.

Кроме того, модульное строительство активно использует цифровизацию и автоматизацию. Внедрение технологий информационного моделирования зданий (BIM) позволяет более точно планировать, проектировать и контролировать процесс на всех этапах. С помощью BIM проектировщики могут визуализировать конечный результат ещё на стадии разработки, а также предусмотреть возможные проблемы и оптимизировать решения до начала строительства. Автоматизация процессов также способствует повышению качества и скорости возведения объектов. Таким образом, модульная застройка демонстрирует значительные преимущества и перспективы для будущего. В ближайшие годы ожидается её ещё более широкое применение благодаря таким факторам, как высокая скорость возведения, экономическая эффективность, гибкость в проектировании, экологическая устойчивость и внедрение цифровых технологий. Модульное строительство готово ответить на вызовы современного мира и удовлетворить растущие требования к качеству, скорости и экологичности строительных проектов.

Список литературы:

1. Современное модульное строительство [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/66309/1/978-5-8057-1012-5-2018-11.pdf]
2. Welfare Housing [https://en.wikipedia.org/wiki/Prowers_County_Welfare_Housing]
3. Бюро Бальбека предлагает «временные, но достойные» поселения для беженцев на Украине [https://www.dezeen.com/2022/03/22/re-ukraine-balbek-bureau-refugee-village/]
4. История модульных быстровозводимых зданий [https://www.elmaco.ru/articles/istoriya-modulnyix-byistrovozvodimyix-zdaniy]

-
5. Модульная конструкция demontiruyut-znamenituyu-bashnyu-nakagin-sos-toyaschuyu-iz-140-zhilyh-kapsul
[<https://www.theengineer.co.uk/content/in-depth/modular-construction-flat-pack-to-the-future/>]
6. Volumetric modular construction [https://www.linkedin.com/pulse/what-volumetric-modular-construction-vesta-housing-solutions\]
7. Башня-капсула "Накагин" [https://meduza.io/feature/2021/07/29/v-tokio-
8. Отель citizenM Bowery [https://www.constructiondive.com/news/21-story-modular-hotel-opened-in-nyc-said-to-be-tallest-in-us/541044/]
9. Небоскреб Mini Sky City [<https://novate.ru/blogs/100315/30369/>]