

## Возможности модульной технологии домостроения

*Д.А. Ким, Е.Б. Погосова, М.К. Зуева*

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет*

**Аннотация:** Статья посвящена анализу возможностей использования модульной технологии домостроения. Модульное строительство определяется подходами, не следующими традиционным способам. Система сводится к сборке быстровозводимых зданий из отдельных модулей. Эти модульные элементы обычно изготавливаются на заводе. Это способствует снятию погодных ограничений, снижает риск нехватки рабочей силы на месте. Размещенные на фундаменте, отдельные модули собираются в законченную модульную конструкцию. При модульном домостроительстве возможности и выбор достаточно безграничны. Всегда есть возможность изготовить индивидуальную конструкцию. В сборных домах можно использовать модули, оснащенные системами водопровода, канализации, отопления и электричества. В статье представлен обзор преимуществ и недостатков модульной конструкции. Преимущества перечислены с точки зрения качества, экономии, времени и экологии, а также с точки зрения гибкости конструкции и безопасности работ, как во время производства, так и при монтаже на строительной площадке. Рассматриваются также и недостатки модульной конструкции – сложная транспортировка модулей, требующая координации производства и строительства, дороговизна производства и его типизация.

**Ключевые слова:** архитектура, модульное домостроение, модуль, каркасные здания, эргономика, энергоэффективность, объемно-модульное проектирование, модульная конструкция

Модульное строительство – это форма сборного строительства, метод, при котором исходные компоненты изготавливаются на производстве, а затем транспортируются на рабочую площадку для сборки и формирования конструкций. Данный метод строительства минимизирует отходы и повышает эффективность в строительной отрасли [1].

Используя модульную технологию домостроения, можно построить достаточно большой спектр различных зданий, но для этого само здание должно быть задумано и спроектировано с учетом определенных габаритных размеров. Модульную конструкцию часто выбирают, когда важны сроки строительства, а также пространство [2]. Например, при дорогостоящих поставках материала или при постройке в труднодоступных районах. Сочетание модулей со стальными или бетонными каркасами расширяет

возможности проектирования, особенно для многофункциональных коммерческих и жилых зданий.

В настоящее время большинство зданий строятся с использованием традиционных методов строительства, таких, как строительство из железобетона, хотя это может привести к проблемам производительности из-за нехватки функциональных инженерных возможностей, нехватки квалифицированных рабочих, неблагоприятных погодных условий и т.д. [3].

Началом внедрения модульного строительства можно считать 1830 год, когда английский плотник Генри Мэннинг построил свой переносной коттедж. Процесс возведения модульных зданий постоянно совершенствовался на протяжении многих лет, но даже и в наше время данная технология все еще остается довольно новой, требующей доработки и усовершенствований.

Сегодня многие строительные компании начинают проявлять значительный интерес к модульным методам, принимая во внимание повышенную производительность и эффективность строительства, когда однотипные модули изготавливаются в контролируемых условиях на заводах, а затем транспортируются на площадку для сборки и создания здания [4].

Использование модулей обеспечивает достаточное количество преимуществ, среди которых:

1. Быстрое время завершения возведения здания. Скорость является одним из основных преимуществ модульного строительства. Проекты могут быть реализованы на 50% быстрее по сравнению с традиционными методами строительства, поскольку земляные работы и фундаменты завершаются на месте одновременно с изготовлением модулей или компонентов за пределами площадки.

---

2. Гибкость конструкции в применении, простота ремонта и обслуживания. Модульные здания могут быть легко расширены, уменьшены, реконфигурированы или перемещены в соответствии с меняющимися потребностями. Дополнительные модули или целые этажи могут быть добавлены позже. Однако в модульной конструкции, в отличие от традиционных зданий, изменения вносятся гораздо раньше, чтобы выполнить их без значительных трудностей.

3. Уменьшение количества отходов. Одним из наиболее важных преимуществ модульных зданий является то, что в процессе строительства образуется минимальное количество отходов. Модульное строительство осуществляется на контролируемых заводах, а вместе с этим разрабатываются технологические процессы и процедуры контроля качества [5]. Это означает, что материалы используются более эффективно по сравнению со строительством на месте. Кроме того, управление запасами строительных материалов более предсказуемо и управляемо в заводских условиях, что приводит к сокращению отходов.

4. Экологичность. На строительную отрасль приходится более 30% глобальных выбросов углерода, что указывает на то, что сокращение выбросов углерода от строительной отрасли неизбежно. Модульные здания имеют ряд экологических преимуществ. Поскольку это легкие конструкции, воздействие их транспортировки на окружающую среду может быть ниже, чем у многих традиционных методов. В них также используются высокоэффективные изоляционные материалы и, как следствие, они более энергоэффективны, чем традиционные здания [6]. Производят меньше выбросов углекислого газа и потребляют меньше топлива для обогрева. Установлено, что модульная конструкция сокращает отходы на 10–15% по сравнению с традиционными методами строительства.

---

5. Независимость от погодных явлений. Традиционное строительство гораздо более уязвимо к плохой погоде. Дождь, снег и другие формы осадков могут нанести ущерб используемым материалам и оборудованию. Кроме того, строительство может быть полностью прекращено, когда погода плохая, что останавливает процесс постройки здания. Это не относится к модульному строительству, так как секции зданий создаются в контролируемых средах. Производственный процесс все еще может продолжаться даже в плохих погодных условиях [7].

Хотя модульная конструкция выгодна при определенных обстоятельствах, однако и она не лишена проблем и не является решением для каждого проекта:

1. Транспортные расходы и риски. Существует риск транспортировки. Поскольку модули изготавливаются на заводе в нескольких километрах от места проведения работ, их необходимо либо транспортировать непосредственно к месту проведения работ, либо разместить поблизости, а затем установить на место [8]. Перевозчики и монтажники должны быть предельно осторожны с каждым модулем, так как при транспортировке может произойти сбой, и весь модуль может потребовать значительного ремонта или замены. Это может потенциально задержать всю последовательность монтажа.

2. Сложный процесс финансирования. Поскольку модульная конструкция требует закупок и изготовления в более сжатые сроки, счета обычно намного больше в начале периода строительства, чем инвесторы и кредиторы привыкли видеть и платить.

3. Невозможность вариативного проектирования. Модуль имеет уже готовую конструкцию, что не позволяет заказчику создать уникальную внутреннюю архитектуру [9].

Недавние исследования модульного жилья, как правило, были сосредоточены на анализе воздействия на окружающую среду методов модульного жилья, а исследования по оценке стоимости и жизненного цикла на основе экологически чистых характеристик модульного строительства проводятся во многих странах. С развитием эффективных технологий пассивных элементов для зданий и растущим осознанием общественностью необходимости заниматься более экологически чистыми строительными практиками, углубленный анализ воздействия на окружающую среду выбросов углерода, связанных с более широким использованием модульных методов строительства, явно необходим [10]. Конструктивно модульные здания, как правило, прочнее, чем построенные на месте, потому что каждый модуль спроектирован так, чтобы независимо выдерживать трудности транспортировки и подъема на фундамент.

В данном исследовании рассматривается сравнение количества использованных материалов при постройке здания традиционного и модульного типа, для выявления более перспективного типа здания для быстрого строительства.

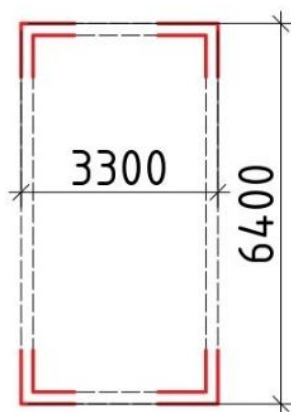


Рис.1. – Принятые размеры модуля (авторская разработка)

Исходя из требуемой площади здания, был рассмотрен модуль (рис.1) и созданы различные варианты блокировки модулей между собой (рис.2), и разработаны планы модульного и традиционного здания (рис.3, 4).

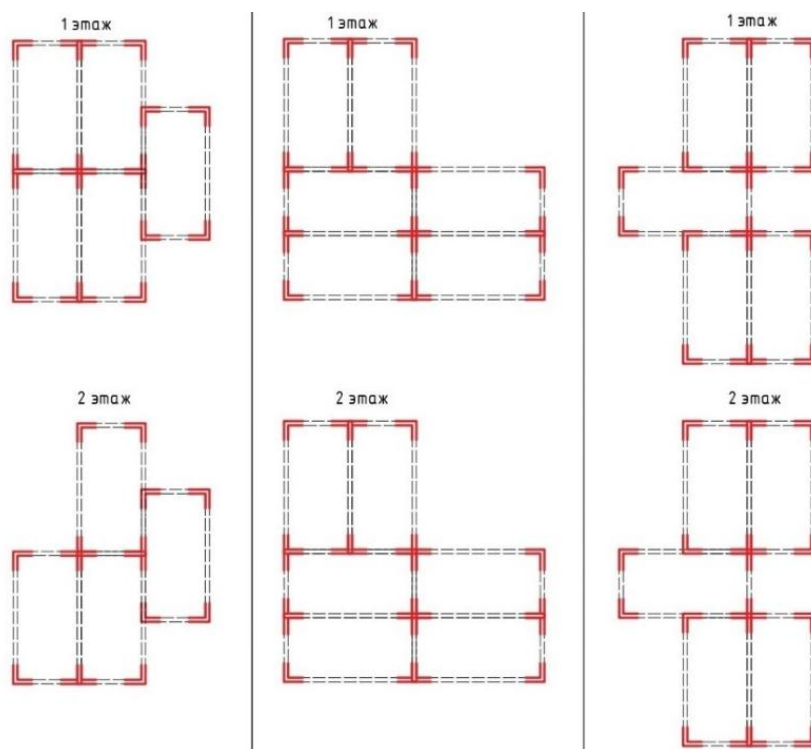


Рис.2. – Варианты блокировки модуля (авторская разработка)



Рис. 3. – Модель кирпичного здания (авторская разработка)

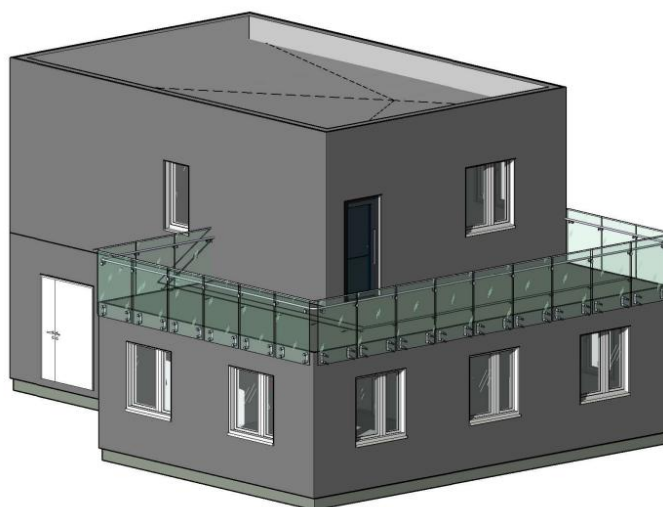


Рис. 4. – Модель модульного здания (авторская разработка)

В ходе исследования были подсчитаны технико-экономические показатели зданий, объем и площадь используемых материалов (таблица 1) и стоимостные показатели, актуальные на февраль 2023 г. (таблица 2).

Таблица 1

Технико-экономические показатели зданий,  
объем и площадь используемых материалов

№ п/п	Наименование	Ед. изм	Модульное здание	Традиционное здание
1	Этажность	шт.	2	2
2	Количество помещений	шт.	10	13
3	Общая площадь	м <sup>2</sup>	175,51	173,50
	В т.ч. площадь террасы	м <sup>2</sup>	39,10	38,55
4	Жилая площадь	м <sup>2</sup>	136,41	134,95
5	Строительный объем	м <sup>3</sup>	409,23	404,85
6	Объем/площадь стен и перегородок	м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>		
	Перегородка из кирпича 120 мм	м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>	5,77/48,10	15,10/125,85
	Стена из кирпича 250 мм	м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>	-	43,65/176,45
	Вентфасад	м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>	-	49,29/234,80
	Стены из ЛСТК	м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>	52,66/223,75	-
	Фасадная панель	м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>	10,88/217,55	-
7	Объем/площадь перекрытий	м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>	48,70/194,80	42,98/195,40
8	Объем/площадь покрытия кровли	м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>	20,13/244,05	33,55/318,35

Таблица 2

Стоимость используемых материалов для стен  
в традиционном и модульном здании (февраль 2023г.)

№ п/п	Наименование	Ед. изм	Модульное здание	Традиционное здание	Стоимость материалов в модульное здание, руб.	Стоимость материалов в традиционное здание, руб.
1	Перегородка из кирпича 120 мм	м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>	5,77/48,10	15,10/125,85	23587,16	61714,01
2	Стена из кирпича 250 мм	м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>	-	43,65/176,45	-	80489,15
3	Вентфасад	м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>	-	49,29/234,80	-	1468051
4	Стены из ЛСТК	м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>	52,66/223,75	-	325830,4	-
5	Фасадная панель	м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>	10,88/217,55	-	688678,9	-
6	Штукатурка	м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>	1,35/90,2	5,78/385,45	33025,23	141126,1
Итого:					1071122	1751381

Таким образом, можно увидеть, что для постройки традиционного здания нужно затратить не только большее количество материальных ресурсов, но также трудовых и интеллектуальных, так как традиционные здания строятся зачастую по индивидуальным проектам, увеличивается время на транспортировку и доставку материалов. Следовательно, этот тип зданий наносит окружающей среде более значительный вред, нежели модульная постройка, для создания которой привозят уже готовые модули, с куда меньшей тратой ресурсов.

Модульное домостроение - достаточно эффективная строительная технология, которая приводит к уменьшению отходов и обеспечивает



большую точность изготовления компонентов. Ее используют для экологичного и безопасного строительства. Современные модульные дома включают в себя такие важные функции, как доступность для маломобильных групп населения, совместимость с цифровыми технологиями, различные технические средства оснащения дома.

### Литература

1. Адильбекова А.К., Шайдулла М.Р. Перспективы развития модульного домостроения. Наука и инновационные технологии. 2021. № 3 (20). С. 28-33.
  2. Лукашенко Л.Э. Объемно-модульные системы в современном домостроении. Актуальные научные исследования в современном мире. 2019. № 11-1 (55). С. 140-144.
  3. Кобляков И.В. Модульная технология домостроения: преимущества и недостатки внедрения и использования в России. В сборнике: Современные тенденции развития науки и производства. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. 2020. С. 17-19.
  4. Thai H.-T., Ngo T., Uy B. A review on modular construction for high-rise buildings. Structures. 2020. Т. 28. С. 1265-1290.
  5. Пакенсе В.Р., Панчук Н.Н. Объемно-модульное домостроение. Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2021. Т. 3. С. 389-393.
  6. Абрамян С.Г., Ишмаматов Р.Х., Оганесян О.В., Улановский И.А., Дикмеджян А.А. Модульные конструкции и энергоэффективная реконструкция современных строительных систем // Инженерный вестник Дона, 2019, №6. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2019/6065](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2019/6065)
  7. Абрамян С.Г., Михайлова Н.А., Котляревский А.А., Семочкин В.О. Теплоизоляционные материалы, обеспечивающие энергоэффективность фасадных систем // Инженерный вестник Дона, 2018, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5331](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5331)
-

8. Wang X., Su P., Liu J., Zhao S. Seismic performance of ATLS modular house based on joint stiffness analysis. *Journal of Constructional Steel Research*. 2021. Т. 183. p. 106770.
9. Федьчук О.Е., Молчанова К.Э. Современные тенденции модульного домостроения для индивидуальных жилых домов. *Архитектура и дизайн: история, теория, инновации*. 2022. № 6. С. 163-165.
10. Черных Г.Н. Объемно-модульное частное домостроение. Перспективы развития и проблемы индивидуальности. *Архитектурные исследования*. 2021. № 3 (27). С. 66-75.

### References

1. Adil'bekova A.K., SHajdulla M.R. *Nauka i innovacionnye tekhnologii*. 2021. № 3 (20). pp. 28-33.
  2. Lukashenko L.E. *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*. 2019. № 11-1 (55). pp. 140-144.
  3. Koblyakov I.V. *Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. 2020. pp. 17-19.
  4. Thai H.-T., Ngo T., Uy B. *Structures*. 2020. V. 28. pp. 1265-1290.
  5. Pakense V.R., Panchuk N.N. *Novye idei novogo veka: materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii FAD TOGU*. 2021. V. 3. pp. 389-393.
  6. Abramyan S.G., Ishmametov R.H., Oganesyanyan O.V., Ulanovskij I.A., Dik-medzhyan A.A. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2019, №6. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2019/6065](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2019/6065)
  7. Abramyan S.G., Mihajlova N.A., Kotlyarevskij A.A., Semochkin V.O. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2018, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5331](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5331)
  8. Wang X., Su P., Liu J., Zhao S. *Journal of Constructional Steel Research*. 2021. V. 183. P. 106770.
-



9. Fed'chuk O.E., Molchanova K.E. Arhitektura i dizajn: istoriya, teoriya, innovacii. 2022. № 6. pp. 163-165.
10. Chernyh G.N. Arhitekturnye issledovaniya. 2021. № 3 (27). pp. 66-75.