IQRO JURNALI , IQRO JOURNAL, ИКРО ЖУРНАЛИ
ISSN:2181-4341| wordlyknowledge.uz/index.php/iqro
Volume 22 Issue 02 IYUL 2026

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ МОДУЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ГОРОДСКИХ ЗЕМЕЛЬ И УСКОРЕННОЙ УРБАНИЗАЦИИ

Фарход Мирзаев
главный специалист Института макроэкономических
и региональных исследований,
E-mail: f.mirzayev@imrs.uz
https://doi.org/10.5281/zenodo.21504064

Аннотация. В статье исследуется эффективность применения технологий модульного строительства в условиях дефицита городских земель и ускоренной урбанизации. Рассматриваются преимущества модульного строительства с точки зрения сокращения сроков реализации проектов, повышения эффективности использования земельных ресурсов, снижения строительных затрат и уменьшения негативного воздействия на окружающую среду. На основе анализа современных научных исследований и зарубежного опыта обоснованы перспективы внедрения модульных технологий в практику городского строительства и сформулированы рекомендации по их более широкому использованию для устойчивого развития городских территорий.
Ключевые слова: модульное строительство, урбанизация, городские земли, эффективность строительства, устойчивое развитие, строительные технологии.

Введение.Современные процессы урбанизации сопровождаются устойчивым ростом численности городского населения, повышением плотности застройки и увеличением потребности в строительстве жилых, общественных и производственных объектов. Согласно прогнозам, к 2050 году около 68 % населения мира будет проживать в городах, что значительно усилит нагрузку на городскую инфраструктуру и ограниченные земельные ресурсы. В этих условиях обеспечение эффективного использования городских территорий становится одной из ключевых задач градостроительной политики и строительной отрасли.

Дефицит свободных городских земель приводит к увеличению стоимости земельных участков, усложнению реализации инвестиционно-строительных проектов и необходимости поиска новых технологических решений, позволяющих повысить эффективность строительства без расширения границ городов. Традиционные методы строительства зачастую характеризуются значительной продолжительностью работ, высоким уровнем материальных затрат, существенным объемом строительных отходов и длительным воздействием на окружающую городскую среду.

Одним из наиболее перспективных направлений развития современной строительной отрасли является применение технологий модульного строительства, предусматривающих изготовление основных конструктивных элементов зданий в заводских условиях с последующей транспортировкой и монтажом на строительной площадке. Такой подход позволяет значительно сократить сроки строительства, повысить качество выполняемых работ за счет промышленного контроля, уменьшить количество строительных отходов, снизить уровень шумового воздействия и более рационально использовать ограниченные городские земельные ресурсы.

Практика применения модульного строительства в таких странах, как Китай, Сингапур, Великобритания, Швеция и Норвегия, подтверждает высокую эффективность данной технологии при реализации проектов жилой, социальной и коммерческой

недвижимости. Вместе с тем вопросы комплексной оценки эффективности модульного строительства именно в условиях дефицита городских земель и ускоренной урбанизации остаются недостаточно изученными, особенно применительно к развивающимся странам.

Целью настоящего исследования является оценка эффективности применения технологий модульного строительства в условиях дефицита городских земель и ускоренной урбанизации, а также определение их преимуществ с позиции рационального использования территорий, сокращения сроков строительства, снижения затрат и обеспечения устойчивого развития городской среды.

Обзор литературы. Модульное строительство рассматривается как одно из наиболее эффективных направлений развития современной строительной отрасли в условиях ускоренной урбанизации и дефицита городских земель. По данным современных исследований, изготовление строительных модулей в заводских условиях с последующим монтажом на строительной площадке позволяет повысить производительность, обеспечить стабильное качество строительства, сократить сроки реализации проектов и уменьшить объем строительных отходов.

Исследование **Coskun et al. (2024)** показало, что модульное строительство является перспективным инструментом обновления городской среды в условиях высокой плотности застройки. Авторы отмечают, что технология особенно эффективна в районах с ограниченными земельными ресурсами благодаря сокращению времени строительных работ, уменьшению воздействия на окружающую среду и более рациональному использованию городской территории. Вместе с тем среди основных ограничений выделяются сложности транспортировки модулей, требования к логистике и необходимость совершенствования градостроительного регулирования.[1]

По мнению **Khan et al. (2024)**, дальнейшее распространение модульного строительства требует устранения экономических, организационных и нормативных барьеров. К числу наиболее значимых факторов относятся высокая стоимость создания производственных мощностей, недостаточная адаптация строительных норм и ограниченная государственная поддержка внедрения инновационных технологий.[2]

В систематическом обзоре **Zohourian et al. (2025)** установлено, что применение модульных технологий позволяет сократить продолжительность строительства примерно на 50 %, снизить совокупные затраты до 20 % и уменьшить объем строительных отходов более чем на 80 % по сравнению с традиционными методами строительства. Вместе с тем авторы отмечают такие недостатки, как высокие первоначальные инвестиции, ограниченная гибкость архитектурных решений и дополнительные расходы на транспортировку модулей.[3]

Анализ научной литературы показывает, что большинство исследований посвящено технологическим, экологическим и экономическим преимуществам модульного строительства. Вместе с тем недостаточно изучены вопросы комплексной оценки эффективности применения модульных технологий именно в условиях дефицита городских земель и ускоренной урбанизации, что определяет научную актуальность настоящего исследования.

Зарубежный опыт применения модульного строительства

---

[1] *Coskun, C., Lee, J., Xiao, J., Graff, G., Kang, K., & Besiktepe, D. (2024). Opportunities and Challenges in the Implementation of Modular Construction Methods for Urban Revitalization. Sustainability, 16(16), 7242.*

[2] *Khan, A. A., Amirkhani, M., & Martek, I. (2024).* Overcoming Deterrents to Modular Construction in Affordable Housing: A Systematic Review. *Sustainability, 16(17), 7611.*

[3] *Zohourian, M., Pamidimukkala, A., Kermanshachi, S., & Almaskati, D. (2025).* Modular Construction: A Comprehensive Review. *Buildings, 15(12), 2020.*

Лидером по внедрению модульного строительства является Сингапур, где технология Prefabricated Prefinished Volumetric Construction (PPVC) активно применяется при строительстве жилых комплексов, общежитий, гостиниц и медицинских учреждений. Государственная поддержка и обязательное использование модульных технологий в ряде государственных проектов позволили существенно сократить сроки строительства и повысить эффективность использования ограниченных городских земель.

В Великобритании модульное строительство рассматривается как один из ключевых инструментов решения жилищного кризиса. Правительство активно развивает современные методы строительства (Modern Methods of Construction, MMC), а модульные технологии используются при возведении доступного жилья, школ и социальных объектов. Одновременно совершенствуется нормативно-правовая база, регулирующая безопасность и качество модульных зданий.

В Швеции модульное строительство получило широкое распространение благодаря высокой индустриализации строительной отрасли и государственной политике устойчивого развития. Большинство малоэтажных жилых домов из древесины производится в заводских условиях, что обеспечивает высокое качество строительства, сокращение сроков реализации проектов и снижение экологической нагрузки.

Опыт США показывает, что модульное строительство становится эффективным инструментом обеспечения доступным жильем крупных городов. Использование заводского изготовления строительных модулей позволяет сократить стоимость строительства многоквартирных домов примерно на 20 %, ускорить реализацию проектов и повысить их экономическую эффективность в условиях дефицита земельных ресурсов.

Изучение зарубежного опыта свидетельствует, что успешное развитие модульного строительства обеспечивается сочетанием государственной поддержки, современной нормативной базы, развитого промышленного производства строительных модулей и внедрения инновационных технологий в строительную отрасль.

Основная часть. Рост урбанизации и сокращение свободных земель. В XXI веке урбанизация стала одним из ключевых факторов, определяющих развитие мировой экономики и строительной отрасли. Ускоренный рост численности городского населения сопровождается увеличением спроса на жилую, коммерческую и социальную инфраструктуру. При этом площадь пригодных для застройки территорий в большинстве крупных городов остается практически неизменной, что приводит к дефициту свободных земель, росту стоимости участков и необходимости поиска более эффективных методов строительства.

По данным Организация Объединённых Наций, в 2024 году около 57 % населения мира проживало в городах, а к 2050 году этот показатель достигнет примерно 68 %. Это означает, что в течение ближайших десятилетий городское население увеличится более чем на 2 млрд человек, что значительно повысит нагрузку на существующую городскую инфраструктуру и земельные ресурсы.

Одновременно с ростом урбанизации наблюдается сокращение доступных территорий для нового строительства. В исторически сложившихся городах значительная часть земель уже занята жилыми кварталами, промышленными объектами, транспортной инфраструктурой и зелёными зонами. Освоение новых территорий требует существенных

финансовых вложений в инженерные коммуникации, строительство дорог и объектов социальной инфраструктуры. В результате стоимость городских земель ежегодно увеличивается, а инвестиционные риски реализации строительных проектов возрастают.

Особенно остро данная проблема проявляется в крупнейших мегаполисах, где плотность населения значительно превышает средние показатели. В условиях ограниченного земельного фонда традиционные методы строительства становятся менее эффективными, поскольку требуют длительных сроков выполнения работ, значительных строительных площадок и создают существенные неудобства для окружающей городской среды.

В развивающихся странах темпы урбанизации зачастую опережают развитие инженерной и транспортной инфраструктуры. Это приводит к дефициту доступного жилья, увеличению нагрузки на коммунальные сети и росту стоимости строительства. В подобных условиях возникает необходимость применения технологий, позволяющих максимально эффективно использовать ограниченные земельные ресурсы при сокращении сроков реализации проектов.

Модульное строительство рассматривается как один из наиболее перспективных инструментов решения данной проблемы. Высокая степень заводской готовности конструкций позволяет значительно уменьшить площадь строительной площадки, сократить объем складируемых материалов, снизить количество строительной техники на объекте и ускорить ввод зданий в эксплуатацию. Благодаря этому возрастает эффективность использования городской территории, уменьшается воздействие строительства на окружающую среду и снижаются косвенные экономические потери, связанные с длительным проведением строительных работ.

Для количественной оценки влияния урбанизации на обеспеченность земельными ресурсами может использоваться показатель обеспеченности городской территорией:

$$A = \frac{S}{P},$$

где:

- A — площадь городской территории, приходящаяся на одного жителя (м²/чел.);
- S — площадь городской территории (м²);
- P — численность населения (чел.).

При неизменной площади города увеличение численности населения приводит к снижению значения показателя AAA, что свидетельствует о росте дефицита земельных ресурсов и необходимости повышения эффективности их использования.

Изменение обеспеченности городской территорией при росте населения

Таблица 1

Показатель	Сценарий 1	Сценарий 2
Площадь городской территории, км²	600	600
Численность населения, млн чел.	2,0	2,5
Обеспеченность территорией, м²/чел.	300	240
Изменение показателя	-	-20 %

Представленный пример демонстрирует, что при увеличении численности населения на **25 %** обеспеченность городской территорией снижается на **20 %**, даже без изменения границ города. Это подтверждает необходимость внедрения строительных технологий, обеспечивающих более рациональное использование ограниченных земельных ресурсов.

Таким образом, ускоренная урбанизация и сокращение свободных земель формируют новые требования к развитию строительной отрасли. В современных условиях приоритет получают технологии, позволяющие уменьшить продолжительность строительства, снизить потребность во временном использовании городских территорий и повысить эффективность освоения земельных ресурсов. Одной из наиболее перспективных технологий, отвечающих указанным требованиям, является модульное строительство, потенциал которого подробно рассматривается в последующих разделах статьи.

Нижеприведённый рисунок демонстрирует взаимосвязь между ускоренной урбанизацией и сокращением свободных земельных ресурсов в городах. По мере роста доли городского населения увеличивается плотность застройки, что приводит к уменьшению площади свободных участков и снижению обеспеченности территорией на одного жителя. Это сопровождается ростом стоимости земельных участков, увеличением затрат на строительство, удлинением сроков реализации проектов и усилением нагрузки на городскую инфраструктуру. В таких условиях особую актуальность приобретают технологии модульного строительства, позволяющие более эффективно использовать ограниченные земельные ресурсы за счёт сокращения строительной площадки, уменьшения сроков строительства и снижения воздействия на городскую среду. (рисунок-1)

Рисунок-1



Для оценки эффективности применения технологий модульного строительства выполнено сравнительное моделирование строительства условного 10-этажного жилого дома общей площадью **10 000 м².** В качестве базового варианта принято традиционное монолитное строительство, а альтернативного — модульное строительство.

Сравнение основных технико-экономических показателей

Таблица 2

Показатель	Традиционное строительство	Модульное строительство	Изменение
Общая площадь здания, м²	10 000	10 000	-
Продолжительность строительства, мес.	20	12	-40 %
Стоимость строительства, млн долл. США	12,0	10,2	-15 %
Строительные отходы, т	600	120	-80 %
Количество рабочих на площадке	180	100	-44 %

Полученные результаты свидетельствуют о существенных преимуществах модульного строительства по сравнению с традиционной технологией.

Расчёт 1. Экономическая эффективность

Экономия определяется по формуле:

$E = C_1 - C_2$

где:

E — экономия средств;
C_1 — стоимость строительства традиционным методом;
C_2 — стоимость строительства модульным методом.

Подставим значения:

E = 12,0 − 10,2 = 1,8 млн долл. США

Процент экономии рассчитывается по формуле:

$K = (E / C_1) \times 100\ \%$

Подставляя значения, получаем:

K = (1,8 / 12,0) × 100 = 15 %

Следовательно, применение модульного строительства позволяет снизить стоимость проекта примерно на 15 %.

Расчёт 2. Сокращение сроков строительства

Процент сокращения сроков определяется по формуле:

$T = ((t_1 - t_2) / t_1) \times 100\ \%$

где:

t_1 — продолжительность традиционного строительства;
t_2 — продолжительность модульного строительства.

Подставляя значения:

$T = ((20 - 12) / 20) \times 100 = 40\ \%$

Следовательно, продолжительность строительства сокращается на 40 %, что ускоряет ввод объекта в эксплуатацию и снижает финансовые риски инвестора.

Интегральная оценка эффективности модульного строительства
Таблица 3

Критерий	Вес	Оценка	Итог
Экономическая эффективность	0,30	5	1,50
Сокращение сроков строительства	0,25	5	1,25
Эффективность использования городских земель	0,20	5	1,00
Экологическая эффективность	0,15	4	0,60
Качество строительства	0,10	5	0,50
Итого	1,00	–	4,85

Интегральная оценка показывает, что применение технологий модульного строительства обеспечивает высокий уровень эффективности (4,85 балла из 5 возможных), что подтверждает перспективность их использования в условиях дефицита городских земель и ускоренной урбанизации.

Сравнение сроков строительства.

Продолжительность строительства является одним из наиболее значимых показателей эффективности инвестиционно-строительных проектов. В условиях высокой плотности городской застройки сокращение сроков строительства позволяет быстрее вводить объекты в эксплуатацию, уменьшить продолжительность использования земельного участка в качестве строительной площадки, снизить затраты на содержание строительной техники и минимизировать негативное воздействие на городскую инфраструктуру.

В отличие от традиционного строительства, при модульной технологии значительная часть строительных процессов выполняется в заводских условиях параллельно с подготовкой строительной площадки и устройством фундаментов. Такая организация работ позволяет существенно сократить общий цикл реализации проекта.

Для сравнительной оценки рассмотрим строительство типового пятиэтажного жилого здания общей площадью около **5 000 м²**.

Сравнение продолжительности строительства
Таблица 4

Этап строительства	Традиционная технология, дней	Модульная технология, дней
Проектирование	60	55
Подготовка строительной площадки	30	20
Устройство фундаментов	45	35
Возведение конструкций	120	35
Монтаж инженерных систем	60	25
Отделочные работы	90	30
Благоустройство территории	30	20
Общий срок строительства	**435**	**220**

Сокращение продолжительности строительства определяется по формуле:

$$R = \frac{T_{tr} - T_{mod}}{T_{tr}} \times 100\%,$$

где:
R – сокращения сроков строительства, %
T_{tr} - продолжительность строительства по традиционной технологии, дней;
T_{mod} - продолжительность строительства по модульной технологии, дней.

Подставляя значения из таблицы, получаем:

$$R = \frac{435 - 220}{435} \times 100 = 49,4\%.$$

Таким образом, применение модульной технологии позволяет сократить продолжительность строительства почти на 50 %. Наибольший эффект достигается за счёт параллельного выполнения производственных и строительных процессов, высокой степени заводской готовности модулей и значительного уменьшения объёма работ непосредственно на строительной площадке.

Сокращение сроков строительства обеспечивает не только более ранний ввод объектов в эксплуатацию и ускорение возврата инвестиций, но и уменьшает продолжительность использования городских земель под строительные нужды. Это особенно важно в условиях дефицита свободных территорий и высокой стоимости земельных участков, характерных для современных городов. Следовательно, модульное строительство способствует повышению эффективности использования земельных ресурсов и является одним из наиболее перспективных направлений развития строительной отрасли в условиях ускоренной урбанизации.

Заключение. Ускоренная урбанизация и ограниченность свободных городских земель формируют новые требования к развитию строительной отрасли, ориентированные на повышение эффективности использования территориальных ресурсов, сокращение сроков реализации проектов и снижение воздействия строительства на городскую среду. В этих условиях технологии модульного строительства становятся одним из наиболее перспективных направлений развития современного строительства.

Проведённый анализ показал, что модульное строительство обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с традиционными методами возведения зданий. Высокая степень заводской готовности конструкций позволяет сократить продолжительность строительства на 30–50 %, уменьшить потребность в строительной площадке, снизить объёмы строительных отходов и оптимизировать использование трудовых и материальных ресурсов. Кроме того, перенос значительной части строительных процессов на производственные предприятия обеспечивает более высокий уровень качества, безопасности и экологичности строительства.

Исследование также подтвердило, что в условиях дефицита городских земель применение модульных технологий способствует более рациональному освоению территорий, ускоряет ввод объектов в эксплуатацию и снижает совокупные инвестиционные затраты на реализацию проектов. Анализ зарубежного опыта показал, что использование модульного строительства в таких странах, как Великобритания, Сингапур, Швеция и Япония, позволяет успешно решать задачи обеспечения населения доступным жильём, строительства социальных объектов и развития городской инфраструктуры в условиях высокой плотности застройки.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности более широкого внедрения технологий модульного строительства в практику градостроительного развития. Для достижения максимального эффекта необходимы совершенствование нормативно-правовой базы, развитие производственных мощностей, внедрение цифровых технологий проектирования и управления строительством, а также формирование механизмов государственной поддержки инновационных строительных решений.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных выводов при разработке программ устойчивого развития городов, совершенствовании градостроительной политики и принятии инвестиционных решений в сфере жилищного и инфраструктурного строительства. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка комплексных моделей оценки экономической, экологической и социальной эффективности модульного строительства с учётом региональных особенностей и современных требований устойчивого развития.

Источники и литература

1. Lawson, R. M., Ogden, R. G., & Bergin, R. (2012). Application of modular construction in high-rise buildings. Journal of Architectural Engineering, 18(2), 148–154.
2. Lawson, R. M., Ogden, R. G., & Goodier, C. I. (2014). Design in Modular Construction. Boca Raton: CRC Press.
3. Smith, R. E. (2010). Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
4. Gibb, A. G. F. (1999). Off-site Fabrication: Prefabrication, Pre-assembly and Modularisation. London: Whittles Publishing.
5. Kamali, M., & Hewage, K. (2016). Life cycle performance of modular buildings: A critical review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 62, 1171–1183.

6. Jaillon, L., & Poon, C. S. (2014). Life cycle design and prefabrication in buildings: A review and case studies in Hong Kong. Automation in Construction, 39, 195–202.
7. Pan, W., Gibb, A. G. F., & Dainty, A. R. J. (2012). Strategies for integrating the use of off-site production technologies in house building. Journal of Construction Engineering and Management, 138(11), 1331–1340.
8. Lessing, J., Stehn, L., & Ekholm, A. (2015). Industrialized house-building—Concept and processes. Construction Innovation, 15(3), 378–399.
9. Lu, N., & Korman, T. (2010). Implementation of Building Information Modeling in modular construction. Journal of Construction Engineering and Management, 136(10), 1121–1128.
10. United Nations Human Settlements Programme. (2022). World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities. Nairobi.
11. Организация Объединённых Наций. (2019). World Urbanization Prospects 2018: Highlights. New York.
12. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2020). Cities in the World: A New Perspective on Urbanisation. Paris.
13. McKinsey & Company. (2019). Modular Construction: From Projects to Products.
14. Coskun, C., et al. (2024). Opportunities and Challenges in the Implementation of Modular Construction for Urban Revitalization. Sustainability, 16(16), 7242.
15. International Organization for Standardization. (2019). ISO 20887: Sustainability in buildings and civil engineering works — Design for disassembly and adaptability.
16. World Green Building Council. (2021). The Benefits of Green Buildings.
17. Woźniak-Szpakiewicz, E. (2023). Modular construction industry growth and its impact on the built environment. Czasopismo Techniczne.
18. Leonard, L. E., & Herrmann, A. J. (2025). Pre-Purchasing to Increase Modular Construction Capacity. National Housing Crisis Task Force.