

## Преимущества BIM технологий на примере китайского опыта

*Е.А. Доможирова, Ю.С. Степанова, М.Е. Винидиктова*

*Тульский государственный университет, Тула*

**Аннотация:** Данная статья рассматривает историю индустриализации китайской строительной индустрии, а затем недавнее внедрение BIM технологий в Китае. Основное внимание в этом документе уделяется использованию BIM для поддержки модульной конструкции и промышленного строительства в Китае. В последние несколько лет в Китае произошел всплеск применения информационного моделирования зданий (BIM), и отрасль увидела множество преимуществ виртуального проектирования и строительства. Обсуждается также использование некоторых передовых аппаратных средств, в том числе использование 3D-лазерных сканеров для сбора собранных данных и создания модели облака точек для лучшей координации системы MEP, а также использование роботизированного тахеометра для быстрой установки.

**Ключевые слова:** архитектура, BIM, модульное строительство, индустриализация, MEP.

### 1. Введение

Быстрое экономическое развитие Китая за последние тридцать лет создало огромный строительный рынок. Однако строительная отрасль Китая по-прежнему характеризуется низкой производительностью, ненадежным качеством, высоким потреблением ресурсов и энергии, частыми авариями в области безопасности и значительным загрязнением окружающей среды. Все эти проблемы связаны с трудоемким характером строительной отрасли Китая [1]. Существует потребность в передовом подходе к строительству для повышения эффективности работы отрасли.

Индустриализация строительства в Китае была впервые начата в начале 1950-х годов во время первой пятилетки, чтобы удовлетворить потребности в реконструкции объектов после Второй мировой войны и гражданской войны [2]. Первый этап индустриализации сфокусирован на стандартизации проектирования, массовых сборках строительных компонентов и механизации строительства на месте. Механизированные и автоматизированные методы строительства внесли большой вклад в развитие городов в течение следующих двух десятилетий. Концепция

---



индустриализации исчезла в 1980-х годах вместе с экономической реформой в Китае. Быстрое экономическое развитие резко повысило как уровень доходов населения, так и ожидания относительно качества жилья. Из-за политики стандартизации ранее было доступно только несколько стилей жилых домов. Ограниченные технологии и строительные материалы привели к низкому качеству сборных компонентов. Таким образом, качество жилья было низким из-за утечек и трещин. Все это не удовлетворяло спрос быстро растущего рынка жилья. В результате, с 1990-х годов на строительном рынке доминировали индивидуальные решения и методы строительства [3].

В последние несколько лет концепция индустриализации была вновь принята промышленностью по двум основным причинам. Первая причина - нехватка рабочей силы и увеличение стоимости рабочей силы. Наряду с экономическим развитием в сфере услуг появляется много новых вакансий. Такие позиции привлекают все больше молодежи из-за плохих условий труда и проблем безопасности в строительной отрасли. В то же время средняя заработная плата строительных рабочих увеличилась на 31% с 2000 по 2009 год, что намного превышает среднюю заработную плату по всем другим отраслям [4]. В результате китайская строительная отрасль сталкивается со стареющей структурой рабочей силы и в следствии стремится к индустриализации, чтобы минимизировать потребность в полевых работах. Вторая причина возобновления интереса к индустриализации - это спрос на экологически чистые здания и процессы экостроительства. Традиционные строительные процессы потребляют больше энергии и производят больше пыли, чем модульная конструкция, где готовые компоненты собираются на месте. Кроме того, некоторые новые экологически чистые материалы легче наносятся на сборные панели.

Применение информационного моделирования зданий (BIM) в строительной отрасли Китая значительно возросло с тех пор, как

---

Министерство жилищного строительства и городского развития сельских районов Китая (MHURD) начало планировать серию стандартов BIM на национальном уровне [5]. С помощью информационных моделей зданий и интеграции данных между бизнес-процессами, BIM предоставляет отрасли большой потенциал для содействия индустриализации строительства и повышения производительности модульного строительства.

## **2. Модульное и индустриальное строительство в Китае**

Индустриализацию строительства Китая можно разбить на три этапа, как показано в Таблице №1. Этап инициализации длился с 1949 года, когда была основана Китайская Народная Республика, и до 1978 года, первого года экономической реформы в Китае. Чтобы удовлетворить спрос на жилье после гражданской войны, индустриализация Советского Союза была введена в Китае как пример. На этом этапе была заимствована стандартизация конструкции корпуса, особенно конструкции из сборного железобетона. Ранние проекты были сосредоточены на плитах из сборного железобетона, используемых на каменных конструкциях. Позже на стенах многоэтажных жилых домов использовались стеновые панели из сборного железобетона. Наряду с экономическим ростом в ходе китайской экономической реформы возрос спрос на качество и количество жилья. Поэтому этап исследования был сосредоточен на новых вспомогательных системах, таких как SAR Джона Хабракена [6], новых материалах, разработке модульного стандарта координации и модульных кухнях, ваннах. В то же время в жилищную систему Китая была введена концепция жилищного строительства (то есть планирование дома, проектирование, строительство, реконструкция и отделка, техническое обслуживание и эксплуатация). На последнем этапе особое внимание уделяется энергоэффективности проектов, таким как защита окружающей среды, а также сохранение энергии, воды, земли и материалов.

---

Broad Homes (China, Hunan Province), ведущая компания в этой области, сначала разработала интегрированную и модульную ванную комнату с Suzuki (Japan, Minami-ku), а затем предложила систему для строительных конструкций, дверей, окон, кухонь, ванных комнат, полов, HVAC (отопление, вентиляция и кондиционирование), водопровода и электричества. Компания Wanke (China, Guangdong) является первым и ведущим застройщиком в Китае, производящим индустриальные (панельные) жилые дома. Основное внимание уделяется изготовлению строительных конструкций из компонентов сборного железобетона.

Каждый год в Китае строится более 2 миллиардов квадратных метров нового жилья. Однако индустриализация строительства в Китае не очень хорошо известна рынку; менее 1% новых объектов построено в индустриальном стиле. Причина в том, что есть несколько барьеров. Во-первых, финансовая поддержка со стороны китайского правительства отсутствует. Нет фактических капитальных вложений или экономических льгот на налоги для компаний, разрабатывающих промышленные объекты или компоненты. Во-вторых, некоторые строительные нормы и правила отстают от технологии индустриализации, и во многих случаях индустриальные проекты нуждаются в специальном рассмотрении и одобрении, поскольку некоторые методы строительства выходят за рамки действующих норм строительных норм и правил. В-третьих, администрация строительной отрасли не готова к процессу индустриализации во многих аспектах, таких как производство компонентов, проведение торгов и тендеров, а также регулирование безопасности строительства. Каждая корпорация ориентирована на прибыль. Иногда стоимость такого здания выше, чем здания, построенного традиционным способом. Например, изготовленные стеновые панели из сборного железобетона стоят дороже, чем кирпичные стены. Без надлежащего вмешательства правительства и

---

практической экономической выгоды и достигнутой зрелой бизнес-цепочкой для рентабельной индустриализации, нелегко убедить компании использовать модульное и панельное строительство.

К счастью, правительство Китая рассматривает индустриализацию как тенденцию строительной индустрии удовлетворить спрос на энергоэффективное развитие. Строительный рынок будет непрерывно увеличиваться в ближайшие два-три десятилетия, а площадь нового жилья в ближайшие тридцать лет составит 20-30 миллиардов квадратных метров. Цель, поставленная Министерством жилищного строительства и городского развития сельских районов (MHURD), заключается в том, чтобы к 2020 году более 50% всех проектов жилищного строительства (и более 60% проектов доступного жилья) были построены при помощи индустриального метода [5].

Таблица №1.

#### История индустриализации строительства Китая

Этапы	Факторы влияния	Цели
Инициализация (1949 – 1978)	Спрос на массовое строительство жилья и промышленных объектов	Производительность труда в строительстве
Исследование (1978 – 1998)	Спрос на количество и качество жилья	Производительность труда, качество жилья, скорость строительства
Переходный (1998 – сейчас)	Различные факторы	Производительность и безопасность труда, качество строительства, стоимость строительства, энергоэффективность

### 3. Принятие BIM в Китае

Строительная отрасль Китая познакомилась с концепцией информационной модели зданий (BIM) примерно в 2002 году. Лишь немногие проекты использовали BIM до тех пор, пока несколько лет назад преимущества BIM не были широко признаны большей частью отрасли. Применение BIM выросло с 2012 года, когда MHURD начал планировать серию стандартов BIM на национальном уровне. Хотя многие проекты начали использовать подход, и большинство специалистов в области охраны окружающей среды знали о нем, использование BIM в Китае остается относительно незрелым. Применение данного подхода происходило в основном на этапе проектирования, особенно в первые годы. Использование BIM для управления затратами и проектами получило больше внимания в последние несколько лет и теперь стало основным направлением для владельцев проектов.

Наиболее зрелым примером применением BIM в Китае является обнаружение коллизий и интеграция/оптимизация систем обслуживания зданий. Наиболее распространенный способ сотрудничества профессионалов отрасли в проекте BIM - создание информационных моделей для анализа проблем конструктивности и оценки изменений с точки зрения их влияния на стоимость и график работ [7]. Объединенная модель используется для загрузки нескольких моделей BIM, созданных разными сторонами, в одну программную платформу для координации. Программный пакет Autodesk Navisworks в настоящее время является лидером на рынке Китая в качестве платформы для федеративного анализа моделей. Модель проверки Glodon GMC2013 - аналогичное приложение, разработанное китайским поставщиком программного обеспечения BIM Glodon.

4D-BIM - отличный способ повысить эффективность строительства за счет оптимизации графика строительства [8]. В Китае существует два типа приложений 4D-BIM. Большинство подрядчиков просто используют 4D моделирование для визуализации графика строительства, запланированного традиционным способом. Этот уровень приложения 4D-BIM может помочь в совмещении графиков с вовлеченными сторонами, но не очень выгоден подрядчику с точки зрения эффективности строительства. Некоторые подрядчики используют 4D-BIM для анализа графиков строительства, сравнивая различные варианты графика с точки зрения логистики площадки и пространственно-временной координации. Немногие подрядчики начали использовать передовые программные инструменты 4D/5D-BIM, такие как функция потоковой обработки в VICO Office, для оптимизации графиков строительства за счет сокращения времени задержки и времени выполнения строительных работ.

Отсутствие руководств по исполнению BIM и специалистов в данной сфере - две серьезные проблемы в Китае. Из-за признания преимуществ BIM, многие строительные проекты имеют внезапный спрос на технологию, но у отрасли нет времени систематически изучать и исследовать стратегический и технический подход к исполнению, подходящий для местных проектов. Во многих проектах в качестве ссылок используются проекты-партнеры или зарубежные планы выполнения BIM. В дополнение к управленческим проблемам, отсутствие местных программных инструментов BIM является технической проблемой. Иностранные инструменты BIM не разработаны на основе китайских строительных норм и правил и не соответствуют местным отраслевым нормам. Это делает модель редко используемой непосредственно для некоторых технических анализов, которые включают местные правила.

Наряду с растущим вниманием к модульному строительству, интеграция технологии BIM в индустриализацию строительства рассматривается как многообещающая возможность для расширения рынка.

#### **4. Модульное строительство с поддержкой BIM**

Модульное строительство с поддержкой BIM основано на модульности строительных компонентов. Модульное строительство было применено к высотным многоквартирным домам компанией Wanke. Этот метод проектирования больше подходит для зданий с повторяющимися планировками. Из-за ограничений на общую площадь и стоимости каждой единицы площади остается не так много вариантов размещения доступного жилья. Единственным изменением является количество единиц на стандартном этаже и планировка единицы жилья (с ограниченными настройками размеров). BIM используется для поддержки параметрического проектирования на разных уровнях модуля. Первый уровень модульности, это расположение модулей. Блок модуля разбивается на модули уровня комнаты, такие как модуль ванной или кухонный модуль. Следующий уровень модуля включает в себя строительные элементы, такие как стеновые панели или водопроводную систему [9].

Процесс проектирования начинается с выбора нужного количества единиц на основе их компоновки из библиотеки компоновки блоков (ULL), а затем сборки плана этажа путем настройки размеров. После того, как архитектурный проект будет предложен, инженер-конструктор создаст структурную модель, выбрав соответствующие модули из библиотеки структурных модулей (SML), а затем отправит структурную модель механическому программному обеспечению для анализа. В то же время разработчик MEP (механические, электрические и сантехнические сети) также использует библиотеку модулей MEP, представляющие собой сборки

---



из набора компонентов, которые облегчают проектирование систем обслуживания.

## **5. Индустриальное строительство с поддержкой BIM**

Первое применение BIM в индустриализации строительства - это обнаружение ошибок и анализ конструкции на этапе до строительства. В здании из сборного железобетона имеется несколько сотен или тысяч сборных компонентов, поэтому при традиционном подходе к рассмотрению строительных чертежей трудно обеспечить отсутствие ошибок и недочетов во время строительства. Разрабатывая цифровые модели для каждого компонента и объединяя все модели в процессе виртуального строительства, SUCG (China, Shanghai), ведущая китайская строительная компания по производству сборного железобетона, решила много простых, но повторяющихся проблем, которые возникают на месте в процессе изготовления.

Привлекательным преимуществом для производителей компонентов сборного железобетона является то, что их модели BIM предоставляют производителю ценные данные для поддержки интеграции проектирования, производства, строительства и даже процессов эксплуатации/обслуживания [10]. Данные в модели BIM также могут поддерживать весь производственный процесс, включая заказ материала, логистику на заводе, упаковку, складирование и транспортировку на стройплощадку. SUCG создала платформу данных BIM для поддержки четырех систем: системы проектирования и детализации компонентов, системы управления производством, системы управления строительством на месте и системы удаленного мониторинга. Эта платформа в значительной степени улучшила производительность проекта по качеству, скорости и стоимости.

---

Некоторые крупные MEP подрядчики приступили к практике концепции индустриальной установки. Модели BIM предоставляют подрядчику точную геометрическую информацию об всех системах строительного проекта. Системная интеграция и координация, поддерживаемые компьютерными средствами проверки моделей, такими как Autodesk Navisworks и Solibri, решат старую проблему сложности расположения и размеров системы [11]. Хотя информация о конструкции системы MEP очень точна в моделях BIM, физические условия установки, как правило, не такие идеальные, как у модели компьютера, из-за различного качества бетонных конструкций. Недавно некоторые опытные подрядчики MEP начали использовать оборудование для лазерного 3D-сканирования для создания модели конструкции системы. Они используют его для калибровки проектной модели системы MEP для получения точных производственных чертежей. Именно такой подход используется в проекте международного финансового центра Пинань в Шэньчжэне, Китай. Подрядчик этого проекта также использует роботизированный тахеометр в сочетании с моделями BIM для обеспечения более быстрого и точного расположения систем MEP [12].

## **6. Заключение**

Быстрое экономическое развитие в Китае требует здоровой и устойчивой строительной индустрии для удовлетворения спроса на гражданские объекты и инфраструктуру. После десятилетий ограниченного развития индустриализации строительства широкое распространение BIM стало способом ускорения роста модульного и индустриального строительства в технической и управленческой областях. Недавняя практика в Китае продемонстрировала, что инновации в модульном дизайне с поддержкой BIM, обнаружении коллизий и исследовании конструктивной части облегчают такие вещи, как:

---

- процесс изготовления
- управление производством
- использование технологии трехмерного лазерного сканирования для обеспечения точной геометрической информации о системах MEP.

Внедрение BIM в строительной отрасли Китая в ближайшем будущем раскроет больше преимуществ модульного и индустриального строительства, таких как сохранение материалов, более высокое качество строительства, более короткое время строительства и более безопасные условия труда.

### Литература

1. Jin R., Tang L., Fang K. Investigation into the current stage of BIM application in China's AEC industries. Transactions on The Built Environment, 2015. Vol. 149. pp.493-503. doi.org/10.2495/BIM150401
2. He Y., Chen Y. The present and future of construction industrialization. Engineering Quality, 2013. Vol. 31.2, pp.1-8.
3. Junjie L., Hui Y. A Research on Development of Construction Industrialization Based on BIM Technology under the Background of Industry 4.0. MATEC Web of Conferences 100, 2017. pp.1-8. doi.org/10.1051/mateconf/201710002046
4. Gui Y., Yuhe W., Yuxin Zh., Liming W., Houli X., Yuan F., Jian Z. Impact of Migrant Workers on Total Factor Productivity in Chinese Construction Industry. Sustainability, 2019, Vol. 11, pp.926-297. doi.org/10.3390/su11030926
5. MHURD, Development Outline of Informatization in the Construction Industry 2011-2015. URL: gov.cn/gongbao/content/2011/content\_2010588.htm
6. Bosma J.E. Housing for the Millions. John Habraken and the SAR. Rotterdam, Netherlands, NAI Publishers, 2000. pp.24-29.

7.Karen M. K., Douglas N. Building Information Modeling BIM in Current and Future Practice. Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2014. pp.59-62.

8.Chengshuang S., Qingpeng M., Yaowu W. Study on BIM-based construction project cost and schedule risk early warning. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 2015. Vol. 29, pp.469-477. doi.org/10.3233/IFS-141178

9.Han, J., Heo, S., Lee, H.-E., Lee, G. The IrPen: A 6-DOF Pen for Interaction with Tablet Computers. IEEE Computer Graphics and Applications, 2014. Vol. 34, pp.22-29. doi.org/10.1109/MCG.2014.19

10.Герасимов А.И., Никонова Е.В. Перспективные направления применения BIM-технологий в эксплуатации зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5545

11.Петров К.С., Кузьмина В.А., Федорова К.В. Проблемы внедрения программных комплексов на основе технологий информационного моделирования (BIM-технологии) // Инженерный вестник Дона, 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4057

12.Zhulong. Digital technology supports the construction of Pingan Tower. URL: news.zhulong.com/read/detail198434.html

### References

1.Jin R., Tang L., Fang K. Transactions on The Built Environment, 2015. Vol. 149. pp.493-503. doi.org/10.2495/BIM150401

2.He Y., Chen Y. Engineering Quality, 2013. Vol. 31.2, pp.1-8.

3.Junjie L., Hui Y. MATEC Web of Conferences 100, 2017. pp.1-8. doi.org/10.1051/matecconf/201710002046

4.Gui Y., Yuhe W., Yuxin Zh., Liming W., Houli X., Yuan F., Jian Z. Sustainability, 2019, Vol. 11, pp.926-297. doi.org/10.3390/su11030926



- 5.MHURD, Development Outline of Informatization in the Construction Industry 2011-2015. URL: [gov.cn/gongbao/content/2011/content\\_2010588.htm](http://gov.cn/gongbao/content/2011/content_2010588.htm)
- 6.Bosma J.E. Housing for the Millions. John Habraken and the SAR. Rotterdam, Netherlands, NAI Publishers, 2000. pp.24-29.
- 7.Karen M. K., Douglas N. Building Information Modeling BIM in Current and Future Practice. Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2014. pp.59-62.
- 8.Chengshuang S., Qingpeng M., Yaowu W. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 2015. Vol. 29, pp.469-477. [doi.org/10.3233/IFS-141178](https://doi.org/10.3233/IFS-141178)
- 9.Han, J., Heo, S., Lee, H.-E., Lee, G. IEEE Computer Graphics and Applications, 2014. Vol. 34, pp.22-29. [doi.org/10.1109/MCG.2014.19](https://doi.org/10.1109/MCG.2014.19)
- 10.Gerasimov A.I., Nikonova E.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2019, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5545](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5545)
- 11.Petrov K.S., Kuz'mina V.A., Fedorova K.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4057](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4057)
- 12.Zhulong. Digital technology supports the construction of Pingan Tower. URL: [news.zhulong.com/read/detail198434.html](http://news.zhulong.com/read/detail198434.html)