

УДК 721.013

## **АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ ИЗ МОДУЛЬНЫХ БЛОКОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Кельдибеков Асхат Канатулы**

[askhat.keldibekov@mail.ru](mailto:askhat.keldibekov@mail.ru)

Магистрант 1-курса ОП 7М07329 – «Строительство», кафедра «Строительство»,  
ЕНУ имени Л.Н.Гумилева, г. Нур-Султан, Республика Казахстан  
Научный руководитель – к.т.н., доцент Д.В. Цыгулёв

В настоящее время технический прогресс позволяет максимально укрупнить строительные элементы зданий, что привело к разработке новых индустриальных строительных систем и повышению темпов производства. Одним из таких является объемно-блочное домостроение, в основе которого находится модуль – автономное, готовое к монтажу изделие. Совокупность модулей образуют сложные системы путем соединения, разъединения, замены с целью получения новых комплексов с другими компонентами и характеристиками. Модульный принцип подразумевает обеспечение быстрого монтажа, ремонтпригодности, удобство в обслуживании и транспортировке, возможность упрощенной замены одного узла без необходимости в демонтаже других узлов.

Модульное строительство и сборные конструкции в индустрии архитектуры, проектирования и строительства являются растущей тенденцией. С точки зрения определения, модульное строительство означает одну или несколько строительных единиц, изготовленных на заводе-изготовителе, которые затем транспортируются и собираются на месте.

Основной мотивацией перехода к производственному процессу строительства является снижение стоимости, времени строительства и повышение качества проекта. Представители отрасли, использующие преимущества модульного строительства в большом объеме ( $\geq 50\%$ ) проектов в своих компаниях, экономят около 35-66% времени по графику, сокращают общий бюджет проекта минимум на 6-20%, повышают производительность труда за пределами строительной площадки на 2,32%. Растущие тенденции, подобные этим, могут быть объяснены тем, что современное строительство почти всегда имеет внеплощадочный компонент, который играет важную роль в модульности строительства.

На сегодняшний день лидерами в области использования модульности в промышленности являются такие страны как Великобритания, Нидерланды, Китай. В данных странах реализовано большое количество высотных зданий за счет максимального применения модульных элементов в строительстве и их эффективной разработки, строительство выполняется в короткие сроки. Также стоит отметить Россию, с ее подходом к реализации зданий из объемных модульных блоков. Следовательно, для повышения эффективности строительства в нашей стране целесообразно использовать зарубежный опыт ведения работ, сфокусировавшись на усовершенствовании и распространении модульности. Для этого необходимо сформировать теоретическую основу модульного проектирования: определить принципы данного направления, параметры модульного элемента, преимущества и недостатки модульной системы, особенности проектных процессов, в том числе формирования информационной модели. В результате образуется алгоритм проектирования, который окажет влияние на весь жизненный цикл объекта строительства.

Модульный элемент в строительстве – это комплексная структурная единица, которая сочетает в себе свойства и характеристики нескольких элементов строительных

конструкций. Модульный элемент имеет универсальные крепления для стыковки с другими модулями, что дает возможность взаимозаменяемости. Для наибольшей эффективности модульных элементов целесообразно создавать модули в виде, требующем минимум дополнительного вмешательства на строительной площадке.

Модульный элемент максимальной готовности в строительстве – заранее изготовленный из различных материалов полноценный элемент строительства, обладающий наивысшей степенью готовности для монтажа. Как правило, такие элементы производятся в заводских условиях, затем транспортируются на строительную площадку, где и происходит их поочередное размещение в проектное положение. Модульный блок включает в себя необходимые субэлементы с архитектурными и конструктивными характеристиками, инженерными коммуникациями и оборудованием, и, при необходимости, вариантами внутренней и наружной отделки. Разработанные варианты модулей можно комбинировать между собой для создания новых проектов. Один и тот же модульный элемент может использоваться по-разному в различных объектах строительства [1].

Модульный принцип строительства значительно ускоряет производство, а при рациональном монтаже еще и упрощает его. Однако для максимизации преимуществ важно уменьшить время на разработку материалов, транспортировку блоков и организовать рациональное их хранение на площадке. Максимальный размер блока ограничен производственными мощностями завода, а его габариты и вес требуют особых подходов при транспортировке и монтаже.

Основной этап модульного проектирования – качественная проработка модулей. Для эффективного использования блоков необходимо на этапе разработки оперировать множеством существующих, ранее разработанных модулей, которые имеют подходящие характеристики, альтернативные варианты, классифицированы и систематизированы. От уровня разработки модулей и их количества зависят объем возможных вариантов планировок, инженерных решений и способы их реализации.

Другим важным фактором является наличие оборудования как для разработки модулей, так и для полноценного проектирования. Ввиду специфики данного принципа, целесообразно применение технологий информационного моделирования.

На сегодняшний день, самый подходящий программный комплекс для данного вида работ является продукт Autodesk Revit. Функционал программного комплекса позволяет максимально эффективно за короткий промежуток времени разработать проект, а также при необходимости экспортировать его в другое программное обеспечение. Предполагается, что для каждого модуля в Autodesk Revit будет создано Revit-семейство с необходимыми геометрическими и инженерными характеристиками – трехмерный блок. Координационная BIM-модель проекта будет представлять собой комплекс интегрированных семейств-модулей. Каждая информационная модель, разработанная по принципу модульности, будет являться одной из возможных комбинаций библиотеки модулей (Рисунок 1) [2, 3].

Для эффективного проектирования на базе объемных блоков необходимо совершенствование классификации и систематизации блоков, а также расширение библиотеки. Однако один из ключевых аспектов качественного модульного проектирования – алгоритм разработки. Процесс проектирования на основе модульных элементов максимальной готовности значительно отличается от традиционного проектирования.

При разработке модулей, а также проектировании на базе имеющейся системы модулей возникает проблема отсутствия соответствующей теоретической базы. Следует сформулировать принципы модульного проектирования, параметры модульности и особенности решения проектных задач на различных этапах.

Принцип модульного проектирования основывается на решении задач компоновки и предполагает условное разбиение будущего объекта капитального строительства на блоки, выполняющие определенные функции. Исходя из нормативных документов комплектно-блочного строительства, передовых технологий и практического опыта в области информационного моделирования зданий из модульных блоков строительных компаний, а

также анализа уже реализованных модульных проектов формируется теоретическая основа для данного направления проектирования. Ввиду различного функционального назначения, уровня сложности и других исходных данных, принципы проектирования не допустимо ограничивать в рамках одного направления, однако их целесообразно условно разделить на три уровня. К первому уровню относятся общие принципы модульного создания технических систем; ко второму – исключительно общестроительные принципы; к третьему – принципы, сформированные на основе специфики проектирования для соответствующего типа объекта строительства.

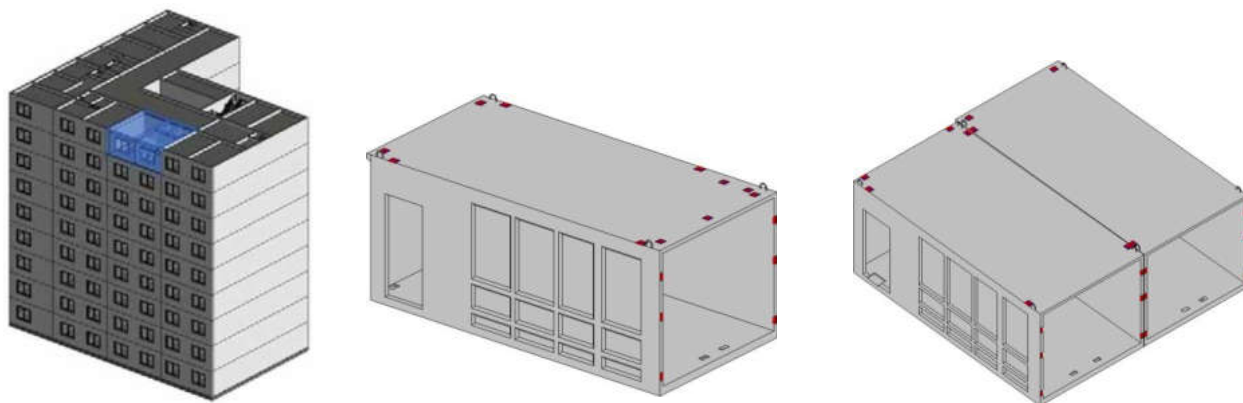


Рисунок 1. Координационная модель здания их модульных блоков

Принципы первого уровня включают универсальные положения, образующие основу модульного проектирования различных типов объектов. Формирование этих принципов базируется на совокупности требований конструктивности и функциональности [4]. Обобщенно принципы первого уровня можно сформулировать следующим образом:

- функциональная и геометрическая совместимость элементов;
- взаимозаменяемость элементов;
- корреляция размеров и параметров;
- классификация и систематизация элементов;
- наличие алгоритма формирования комплексного объекта;
- возможность анализа и расчета.

Принципы второго уровня определяются на основе принципов первого уровня с учетом особенностей строительного производства. На данном уровне важно учитывать климатические и территориальные особенности, инструменты проектирования [5]. К принципам второго уровня можно отнести следующие:

- совместимость конструктивных элементов и инженерных систем;
- максимальное использование существующих элементов объемно-блочного строительства;
- ограничение высотности при использовании модулей;
- максимальное использование средств автоматизации для проектирования;
- адаптация инструментов программного обеспечения для модульного проектирования;
- зависимость геометрических и функциональных параметров от логистики;
- рационализация хранения и производства;
- энергоэффективность;
- экологичность материалов.

Третий уровень принципов устанавливается на основе технологических особенностей и назначения будущего объекта строительства. Данный этап может включать большее количество принципов за счет функциональности и геометрического разнообразия объекта.

Часть принципов у различных объектов может дублироваться путем технологической схожести, часть является индивидуальной. Для систематизации принципов третьего уровня логично выделить универсальные для каждой группы объектов направления, которые, как

правило, указаны в каждом техническом задании. Следовательно, принципы третьего уровня можно сгруппировать так:

- рационализация площади застройки;
- соответствие количеству жителей/работников;
- соответствие производственной мощности и технологической специализации;
- учет режима функционирования.

В совокупности три уровня принципов образуют систему требований к процессу проектирования зданий из модульных блоков, образуя теоретическую основу для полноценной разработки проекта на основе модульных элементов. На базе данной трехуровневой системы принципов проектирования зданий из объемных блоков, можно сформулировать универсальные параметры модульного элемента максимальной готовности. (табл. 1).

Таблица 1. Параметры модульного элемента

Принципы модульного проектирования	Свойства модульного элемента
I уровень	– форма и габариты; – конструктивная часть; – тип крепления/совмещения.
II уровень	– функциональное назначение; – расположение (внутри/снаружи); – материалы конструкций.
III уровень	– режим эксплуатации; – климатическая принадлежность; – уровень сложности транспортировки.

Использование модульных элементов максимальной готовности отражается на всех этапах жизненного цикла объекта строительства. Изменения возникают как за счет нового или модифицированного проектного процесса, так и путем соблюдения принципов модульности. Новые атрибуты оказывают влияние на весь срок эксплуатации объекта двумя способами: прямое воздействие на конкретный этап и универсальное воздействие на все этапы жизненного цикла одновременно (табл. 2). Исходя из комплекса преимуществ использования модульных элементов формируется суммарный положительный эффект на весь эксплуатационный период объекта: ускорение проектирования и строительства, непрерывное улучшение качества принятых решений и выполненных работ, применение высоких достижений в области инженерии.

Таблица 2. Влияние модульных элементов на жизненный цикл объекта строительства

№	Стадия	Функции	Возможности BIM-модулей
1	Концепция	Предпроектная разработка с учетом библиотеки элементов. Анализ целесообразности использования модульного проектирования. Подбор модульных элементов.	Разработка новых модульных элементов. Актуализация классификации и систематизации
2	Проектная документация	Проектирование в рамках библиотеки элементов.	модульных элементов. Корректировка алгоритма
3	Рабочая документация	Анализ целесообразности использования модульного проектирования в конкретном объекте. Методология проектирования с учетом модульного элемента максимальной готовности.	разработки BIM-модулей. Адаптация проектных процессов и СМР согласно условиям использования модулей. Поиск новых

4	Строительно-монтажные работы	Организация строительной площадки с учетом транспортировки и хранения модулей. Разбиение СМР согласно специфике модулей. Технологическая последовательность с учетом модульных элементов.	инструментов реализации.
5	Эксплуатация	Мониторинг технического состояния объемного блока.	
6	Демонтаж	Поэтапный демонтаж модульных элементов.	

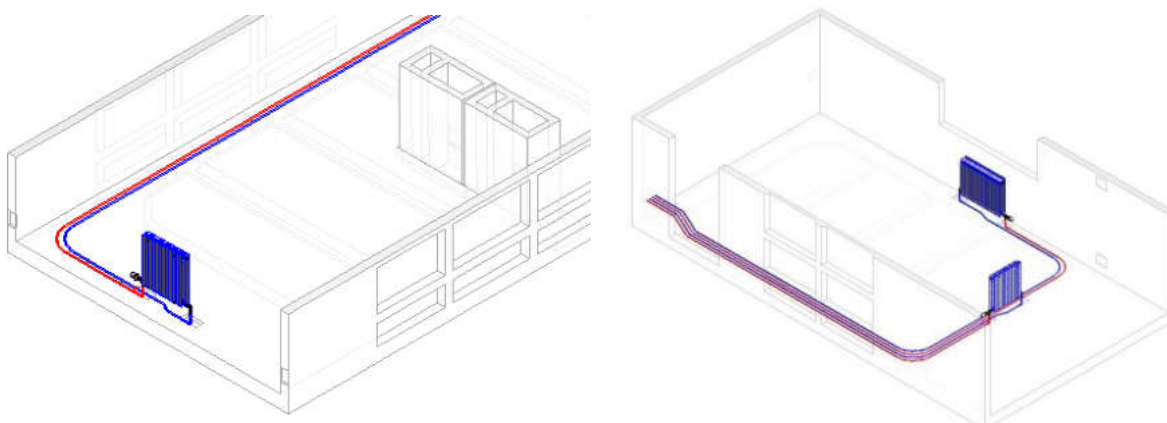


Рисунок 2. Схема расположения инженерных коммуникаций и оборудования

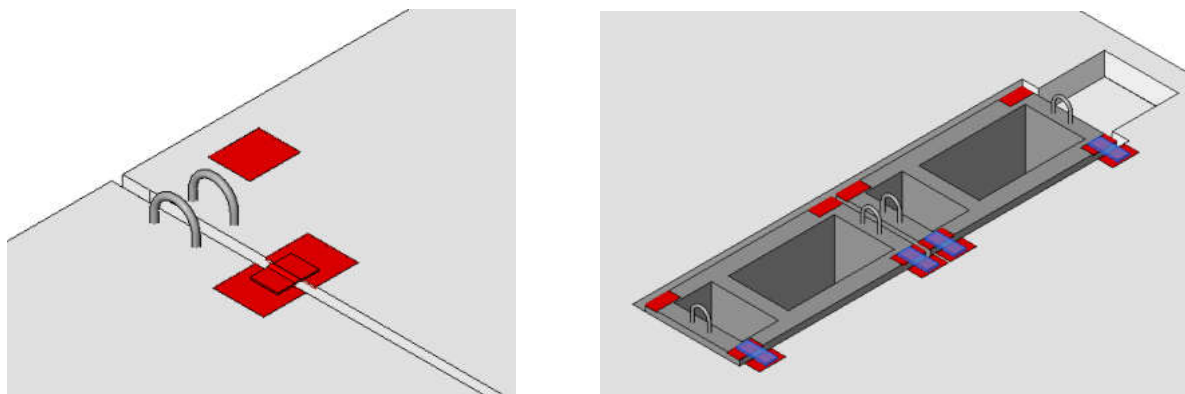


Рисунок 3. Схема стыковки модулей и их элементов между собой при помощи закладных деталей на сварке

На основании анализа традиционного и модульного проектирования можно выделить неоспоримые преимущества применения принципа модульности. Конфликтные ситуации в процессе проектирования зданий из модульных элементов имеют временный характер, ввиду совершенствования систематизации, структуры элементов, алгоритма проектирования. Традиционные подходы к проектированию не всегда обеспечивают высокий уровень качества проектных решений, а также имеют большую длительность выполнения работ. Существующие программные комплексы обладают соответствующим функционалом для максимально эффективной разработки проектов зданий из модульных блоков максимальной готовности (Рисунок 2, 3). Следовательно, первоначально следует выработать наиболее результативные исполнения сочетаний модульных блоков, которые позволят эффективно использовать стандартизированные продукты, и в то же время соблюдать уникальность будущих проектов.

## Список использованных источников

1. Naranje V., Swarnalatha R. Design of Tracking System for Prefabricated Building Components using RFID Technology and CAD Model//Procedia Manufacturing.2019.Vol.32.P.928-935.
2. Gao Y., Tian X.-L. Prefabrication policies and the performance of construction industry in China // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 253. P. 120042.
3. Андреева А.Б. Актуальность использования технологий информационного моделирования на всех этапах «жизненного цикла» объекта капитального строительства // Уральский научный вестник. 2019. Т. 3. № 2. С. 63-66.
4. Hwang B.G., Ngo J., Wan Y.P. Integrated Digital Delivery: Implementation status and project performance in the Singapore construction industry//Journal of Cleaner Production.2020.Vol.262 P72.
5. Arashpour M., Kamat V., Bai Yu., Wakefield R., Abbasi B. Optimization modeling of multi-skilled resources in prefabrication: Theorizing cost analysis of process integration in off-site construction // Automation in Construction. 2018. Vol. 95. Pp.1-9.

ӘОЖ 666.9

### ҚҰРЫЛЫМДЫҚ МАҚСАТТАҒЫ ЖОҒАРЫ БЕРІК ЖЕҢІЛ ФИБРОБЕТОНДАР

**Кемелханов Нуржан Кенжеғалиевич**

[nurzhan.kemelhanov@mail.ru](mailto:nurzhan.kemelhanov@mail.ru)

7М07329 - «Құрылыс» ББ 1-курс магистранты, «Құрылыс» кафедрасы, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан қ, Қазақстан Республикасы  
Ғылыми жетекші – PhD Тулебекова А.С.

#### **Кіріспе**

Бетонтологияны дамытудың қазіргі заманғы жаһандық тренді жеңіл бетондарды әзірлеу, сапасын арттыру және қолдану салаларын кеңейту болып табылады. Қазіргі уақытта олар тек тұрғын үй құрылысында ғана емес, сонымен қатар көлік, теңіз және басқа да салаларда қолданылады. Жеңіл бетондарды қолданудың мұндай кеңеюі олардың меншікті беріктігінің артуына байланысты мүмкін болды. Ғимараттардың құрылымдық элементтерінің салмағын азайту күрделі сәулет мәселелерін шешуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, айқын перспективалар мен артықшылықтарға қарамастан, мұндай бетондардың кемшіліктері бар, оларды жою әртүрлі физикалық және физика - химиялық әдістерді тартуды қажет етеді. Атап айтқанда, қолдану аясын кеңейту (өнімді 3D басып шығару арқылы өндіру) қатайту кезінде цемент тасының құрылымы мен қасиеттерінің параметрлерін қалыптастырудың бастапқы кезеңінде де, жеңіл бетоннан жасалған бұйымдарды пайдалану кезінде де құрылымды қалыптастыру процестерін мұқият бақылауды қажет етеді.

#### **Фибробетондардың қасиеттері мен ерекшеліктері**

Фибробетондардың көптеген түрлері бар екендігі белгілі, оларды қолдану негізінде жасалған тиісті құрылымдардың физикалық және механикалық сипаттамаларын арттыруға көмектеседі. Құрылыс индустриясында нормалар мен стандарттарды қанағаттандыратын заманауи материалдар мен технологияларды қолдану негіз болып табылады. Сонымен қатар, фибробетондар деп аталатын жоғары өнімділік қасиеттері бар бетондар жасалды және жасалды [1].

Талшық үшін маңызды көрсеткіш оның ұзындығының диаметрге қатынасы болып табылады. Бұл жақсы адгезияға және бетон қоспасындағы дисперсті талшықтың тиімді жұмысына әсер етеді. Бұл қарым-қатынастың мәні жоғарылаған сайын фибробетонды дайындау шарттары нашарлайды. Ұзын талшықты болғандықтан, бұл қоспаны араластыру қиынға соғады. Кейбір зерттеушілер, атап айтқанда Семенюк С.Д., 80 : 100 қатынасы оңтайлы деп санайды.