



ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

› Содержание

› ВВЕДЕНИЕ	3
Подробная информация о модульном подходе	8
Преимущества модульного строительства	13
Барьеры	19
› МОДУЛЬНЫЙ ПОДХОД НА ПРАКТИКЕ	23
Эскизный проект	26
Проектирование	29
Изготовление	35
Эволюция технологии	37
› ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ	38
› СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ И АВТОРСКИХ ПРАВАХ	40

Цель данного издания – предоставить точную информацию из авторитетных источников по рассматриваемой теме. Публикация и рассылка издания не подразумевают, что издатель оказывает профессиональные услуги в этой области. За получением профессиональной консультации или другой квалифицированной помощи необходимо обращаться к компетентному лицу.

Американский институт архитекторов (AIA) не занимается спонсорством или продвижением каких-либо предприятий, будь то общественная или частная организация, работающая на коммерческой основе. Более того, в рамках исполнения должностных обязанностей ни одно должностное лицо, директор, член комитета или сотрудник AIA, а также любой из организаций, входящих в состав этого института, не имеет права согласовывать, спонсировать или продвигать какие-либо строительные материалы, равно как и методы обработки, применения, распространения или работы с каким-либо материалом или изделием, а также предпринимать иные действия, которые могут быть расценены как согласование, спонсорство или продвижение такого рода.

› ВВЕДЕНИЕ

Все большее число зданий в различных странах проектируются с применением модульных конструкций. Этот подход подразумевает процесс, при котором компоненты здания предварительно изготавливаются на заводе и объединяются в модули, а затем поставляются на строительную площадку для сборки. Это обеспечивает максимальное повышение эффективности строительства за счет интеграции процессов и технологий проектирования, производства и строительства без ущерба для архитектурной выразительности. Согласно исследованию, проведенному компанией McGraw-Hill Construction, эффективная реализация данного подхода позволяет достичь высокого качества строительства в более сжатые сроки при более предсказуемых затратах. Также снижается ущерб для экологии, в частности благодаря сокращению расхода материалов и объемов отходов.

Наряду с целым рядом факторов, способствующих росту популярности модульного строительства, существует определенное количество барьеров, препятствующих распространению данного подхода. И хотя процессы планирования и проектирования, задействованные в модульном строительстве, во многом схожи с традиционным методом строительства на площадке, существует и несколько значительных различий, а также ряд аспектов, которые проектным группам, незнакомым с модульным методом, необходимо изучить прежде чем приступать к работе. Например, в модульном строительстве множество решений должно приниматься на ранних стадиях проекта. И поскольку больший объем работ выполняется за пределами строительной площадки, то крайне необходимым становится более высокий уровень координации между смежными службами по таким вопросам, как строительные допуски и график работ.

Развитие стратегии

Несмотря на то, что модульное строительство в последнее время становится все более популярным, этот метод нельзя назвать полностью инновационным. В XIX веке, когда большие группы населения начали переезжать на запад, как и во время «Калифорнийской золотой лихорадки» 1849 года, из Нью-Йорка в Калифорнию стали перевозить и сборные дома.

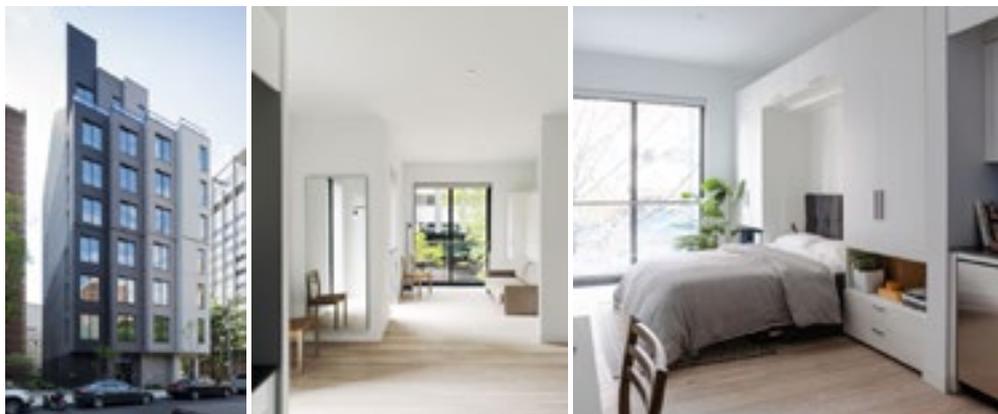
Сборные дома были также популярны в первой половине XX века, особенно в периоды повышенного спроса на жилье (например, в первые годы после Второй мировой войны). В конце 1950-х разнообразие проектов, в которых стали применять модульные конструкции, стало увеличиваться; в частности, сюда вошли школы и медицинские учреждения. В 60-х и 70-х годах модульные конструкции начали использовать и в строительстве больших гостиничных комплексов.

Благодаря развитию технологий и накоплению опыта в этой сфере, современное модульное строительство становится все более универсальным. Оно используется для реализации широкого диапазона проектов, которые, помимо жилых, учебных, медицинских и гостиничных объектов, включают в себя офисные, правительственные здания и предприятия розничной торговли.

Согласно [отчету, опубликованному Институтом модульного строительства](#), анализ доли рынка капитального модульного строительства в североамериканской строительной отрасли показал, что данный подход в период с 2014 по 2016 годы распространился уже на несколько секторов. В 2016 году его доля на рынке стала преобладающей в области офисных и административных зданий (4,86 процента), оптовых и розничных площадей (3,53 процента) и образовательных зданий (3,50 процента).

Согласно [ежегодному статистическому отраслевому отчету Института модульного строительства за 2018 год](#), составленного на основе исследования 252 предприятий-производителей модульных зданий, в 2017 году оборот отрасли капитального модульного строительства составил 7 миллиардов долларов США, а приблизительная общая доля на рынке капитального модульного строительства в Северной Америке выросла до 3,27 процента по сравнению со значением 3,18 процента в 2016 году.

Практический пример



Проект: Carmel Place

Генеральный проектировщик: Narchitects / Monadnock Development

Изготовление вне площадки и транспортировка: Capsys

Монтаж на площадке: Monadnock Construction

Площадь: 35 000 квадратных футов (3500 квадратных метров)

Местоположение: Нью-Йорк

Окончание строительства: 2017 г.

Продолжительность проекта: 22 месяца

Общая стоимость: 300–400 долларов США за квадратный фут (3000–4000 долларов США за квадратный метр)

Назначение: жилое здание

Проект строительства Carmel Place, первого малогабаритного многоквартирного здания в Нью-Йорке, стал победителем конкурса adAPT NYC и стал частью инициативы Департамента сохранения и развития жилья города Нью-Йорк, направленной на обеспечение жильем растущего населения в городе. В девятиэтажном здании размещается 55 малогабаритных квартир (площадью от 24 до 35 квадратных метров, 40 процентов из которых зарезервировано для доступного жилья), спортзал, зона отдыха, терраса на крыше и сад. Оно стало первым многоквартирным зданием на Манхэттене, построенным целиком из модульных конструкций, изготовленных на заводе.

Проект здания должен был стать новым прототипом для стандартных жилых объектов, которые можно легко адаптировать под различные требования по соотношению высоты потолков к площади, и, таким образом, реализовать в разнообразных условиях городского ландшафта.

Здание состоит из 65 отдельных самонесущих модулей со стальным каркасом. 55 из них являются квартирными модулями, остальные 10 служат центральным ядром здания. Инженерные системы были заранее смонтированы на заводе производителем модулей. Монтаж бытовых приборов и внутренняя отделка выполнялись после сборки модулей на площадке.

Ссылки

[nARCHITECTS:
Carmel Place](#)

[Официальный
сайт Architecture
Player: видеозапись
возведения Carmel
Place](#)

Проектная группа, базирующаяся в Нью-Йорке, заявила, что огромным преимуществом стало близкое расположение модульного цеха. Это позволило совершать еженедельные проверки на этапе изготовления. Помимо того, что проектная группа могла вовремя обнаруживать и предотвращать возможные дорогостоящие ошибки, эти проверки также позволили им разработать эффективную модель сотрудничества с производителем. Это помогло им наладить связь и координировать работы, что крайне важно для проектов модульного строительства.

Практический пример



Проект: Агентство доступного жилья города Ванкувер, 220 Terminal Avenue
Архитектор: Horizon North
Изготовление вне площадки и транспортировка: Horizon North
Монтаж на площадке: Horizon North
Площадь: 14 785 квадратных футов (1375 квадратных метров)
Местоположение: Ванкувер, Британская Колумбия
Окончание строительства: 2017 г.
Продолжительность проекта: 100 дней
Общая стоимость: 3 миллиона долларов США
Назначение: жилое здание

Агентство доступного жилья Ванкувера (VANA) разработало стратегию с использованием модульного строительства в качестве срочной меры в условиях острой необходимости в доступном жилье в городе. Городские власти предоставили агентству незанятые и неиспользуемые земли под строительство временных жилых модульных зданий. Эти проекты гарантировали использование земель как минимум на три года. По истечении этого срока здания можно было демонтировать и перевезти по мере того, как данные участки потребуются под капитальные объекты. Жильцы таких временных модульных жилых объектов будут переселяться в капитальные доступные жилые дома по мере их появления. Первая реализация данной концепции, 220 Terminal Avenue, включала в себя 40 квартир, каждая из которых была оборудована санузлом и кухней. В здании была предусмотрена общая прачечная, а также места общего пользования внутри здания и на его территории.

Ссылки

Ванкувер: временное модульное жилье

[Агентство VANA: первый проект временного модульного жилья в Ванкувере](#)

Horizon North: проект временного модульного жилья

[Институт модульного строительства: награда VANA, 220 Terminal Avenue](#)

[Urban YVR: статья «В олимпийской деревне появится модульное жилье для бездомных»](#)

Здание было спроектировано таким образом, чтобы его можно было легко адаптировать к заданным условиям и, когда наступит время переселения, возвести на любом другом участке. При необходимости можно добавлять и удалять модули, а также менять их конфигурацию с минимальными изменениями во внешнем облике здания. Проект надземной части здания и многоточечная фундаментная система также обеспечивают простоту повторного использования на других земельных участках. Поскольку данная система предполагает минимальное нарушение почвенного слоя, она подходит для временного использования ранее застроенных участков, грунты которых загрязнены, тогда как при возведении капитальных объектов потребовался бы значительный объем восстановительных работ. Такая возможность строительства без выемки грунта позволила безопасно использовать временно выделенную площадку 220 Terminal Avenue.

Агентство VANA сообщило, что процесс согласования застройки по данному первому проекту был в целом сложным и продолжительным, что нивелировало часть преимуществ, которые дает модульное строительство, и препятствовало целевому ускорению создания фонда доступного жилья. Для решения этой проблемы агентство рекомендовало предоставить городским властям право взаимодействовать с проектными группами по вопросам отклонений от действующих нормативных актов в области зонирования и застройки.

Факторы, способствующие росту популярности

В [исследовании 2017 года](#), проведенном FMI в сотрудничестве с Круглым столом строителей и Институтом строительной промышленности, владельцы жилья заявили, что нехватка квалифицированной рабочей силы, доступной для работ на стройплощадке, и рост требований к стоимости и срокам реализации проекта являются основными причинами повышения популярности модульного строительства. Кроме того, среди факторов, способствующих росту интереса к этому методу строительства, упоминались усовершенствованная технология, позволяющая повысить уровень применимости и адаптации, повышенное внимание к безопасности и рискам, а также увеличение спроса на более высокое качество.

Рост потребности в жилье, объектах гостиничного бизнеса и медицинских учреждениях также способствует увеличению числа проектов, в которых используется модульное строительство. Во многих городах по всей стране наблюдается острая нехватка в жилье. Поэтому модульное строительство, которое способно значительно увеличить скорость реализации проекта и одновременно обеспечить экономию средств, рассматривается как оптимальная стратегия для решения этой проблемы.

Например, чтобы решить проблему с нехваткой доступного жилья в Лондоне, в 2017 году городские власти объявили, что выделят 32 миллиона долларов на строительство не менее 1059 модульных квартир по доступным ценам к 2021 году. (В [исследовании строительной промышленности Великобритании](#) аудиторская компания KPMG обнаружила, что «за счет уменьшения сроков строительства чистая денежная экономия может составить 7%»). Весной 2018 года городской Департамент сохранения и развития жилищного фонда Нью-Йорка разослал запросы на предложение для проекта строительства доступного жилья в Бруклине, который бы использовал методы модульного строительства. Согласно данным Института модульного строительства в настоящее время на территориях таких городов, как Сан-Франциско, Сиэтл и Ванкувер модульное строительство рассматривается как решение проблемы отсутствия постоянного места жительства бездомных, а также в качестве средства обеспечения доступного жилья для малоимущих семей и семей со средним уровнем дохода.

» Подробно о модульном подходе

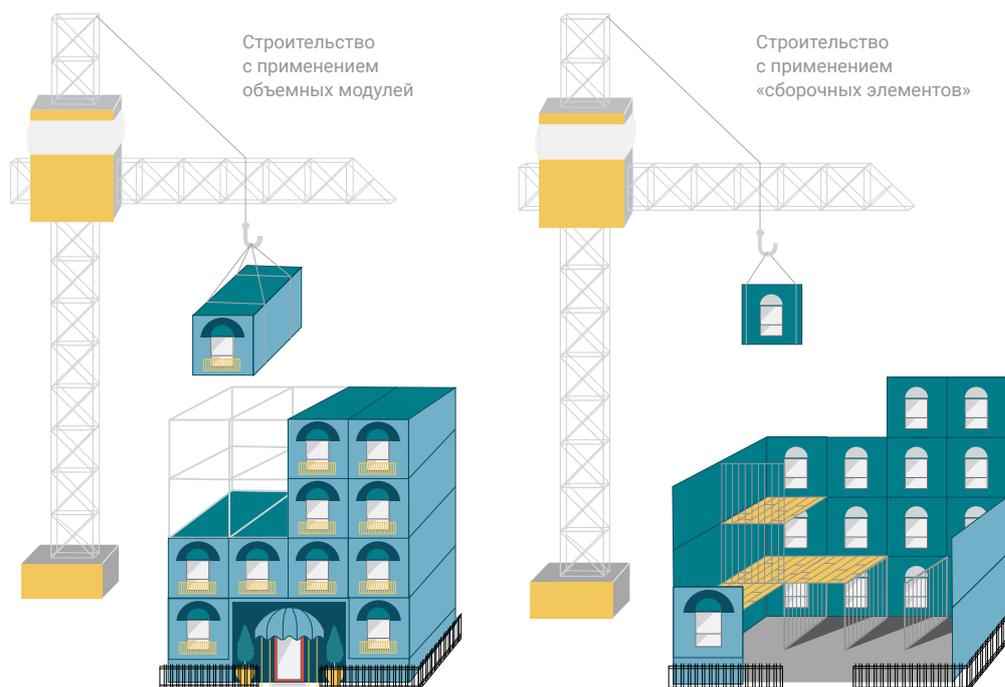
В целом, элементы модульного здания, изготовленные вне площадки, представляют собой либо плоскостные, либо объемные конструкции.

Строительство объемных модулей предполагает изготовление отдельных трехмерных замкнутых блоков на заводе, которые затем соединяются на площадке, образуя единое здание. Например, строительство объемных модулей часто используется для возведения многосекционных жилых объектов, как, например, гостиницы, общежития и многоквартирные дома. В зависимости от размера каждая секция может включать один или несколько модулей. К другим примерам объемных конструкций относятся больничные палаты, санузлы и секции лифтовых и лестничных шахт.

При строительстве с применением плоскостных модульных конструкций на заводе изготавливаются отдельные элементы здания (так называемые «сборочные элементы»), которые затем собираются на площадке.

Иллюстрация 1.

СТРОИТЕЛЬСТВО С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБЪЕМНЫХ МОДУЛЕЙ И «СБОРОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ»



К плоскостным элементам модульного здания относятся:

- » конструктивные элементы, например, рамы, балки и колонны;
- » секции фасадов здания и облицовка;
- » стеновые панели и внутренние перегородки;
- » кассетные панели перекрытий и настилы;
- » фермы покрытия.

Модульные проекты могут представлять собой комбинацию объемных и плоскостных элементов; при этом в зависимости от конкретных требований проекта, графика и (или) условий площадки могут использоваться различные комбинации методов строительства на площадке и вне площадки. Например, компоненты с большими проемами или пролетами (то есть элементами, изготовление которых в цеху за пределами площадки затруднено), как правило строятся непосредственно на площадке.

Плоскостные элементы отличаются большей компактностью при транспортировке по сравнению с объемными, что потенциально снижает транспортные расходы. Однако они требуют дополнительных работ по монтажу и заделке швов на площадке, что может снизить полученную экономию. Однако, необходимо отметить, что в целом общая продолжительность работ и трудозатраты для плоскостных модульных конструкций будут значительно ниже, чем при традиционном строительстве на площадке.

Хотя данное издание ориентировано в первую очередь на объемные модульные конструкции, многие принципы также применяются в отношении других технологий заводской сборки, включая плоскостное панельное строительство.

Несмотря на то, что небольшие модульные здания часто используются как некапитальные объекты, в которых размещаются временные офисы, учебные классы и временное жилье для переселенцев из аварийного жилья, данное издание ориентировано на капитальное модульное строительство, которое может использоваться на объектах любых масштабов — от частных домов до многоэтажных зданий. Необходимо отметить, что несмотря на то, что высота большинства модульных объектов не превышает четыре этажа, в последние годы появляется все больше домов с этажностью более 10. В целом модульное строительство можно применять для конструкций любой высоты, если это не ограничено местными строительными нормами.

Практический пример



Проект: Кардиологический и ортопедический центр при больнице Miami Valley

Архитектор: NBBJ

Изготовление вне площадки и транспортировка: Skanska

Монтаж на площадке: Skanska

Площадь: 480 000 квадратных футов (44 595 квадратных метров)

Местоположение: Дейтон, Огайо

Окончание строительства: 2010 г.

Доля заводской готовности проекта: ~35 процентов

Продолжительность: ~28 месяцев

Общая стоимость: 137 миллионов долларов США

Назначение: здравоохранение

Кардиологический и ортопедический центр при больнице Miami Valley на 178 мест, который включает в себя хирургические помещения, библиотеку, кафе и сад под открытым небом, стал первым крупным проектом в области здравоохранения в США, существенную долю в котором занимали компоненты заводского изготовления в рамках реализации контроля затрат на строительство и снижение расходов.

После первоначального рассмотрения варианта заводской сборки больничных палат в виде объемных модулей проектная группа определила, что было бы более эффективно и менее затратно изготовить на заводе компоненты каждого помещения в виде четырех отдельных модулей: санузел, корпусная мебель и подвесные желоба под инженерные сети.

Проектирование данных компонентов было мотивировано желанием перекомпоновать традиционный план больницы и помещений, чтобы обеспечить более высокий уровень универсальности, а также повысить безопасность и комфорт пациентов и персонала. Сразу после разработки схемы, позволяющей достичь этой цели, проектная группа выяснила, каким образом можно использовать заводское изготовление без ущерба для концепции проекта. Таким образом был получен более гибкий набор компонентов.

Необходимость применения гибких компонентов, а также отсутствие в продаже готовых решений, которые бы отвечали техническим требованиям, привели к решению о самостоятельном их производстве подрядчиком. Для этой цели был арендован пустующий склад в трех милях от строительной площадки.

После подготовки склада для работ был построен макет модуля санузла. Таким образом команда проекта смогла получить обратную связь от персонала больницы относительно проектных решений до начала производства. В частности, благодаря этому была произведена перекомпоновка некоторых деталей, что позволило облегчить задачи по лечению пациентов и техническому обслуживанию оборудования.

После изготовления санкабины и перегородки собирались в отдельные комплекты палат, изготовленные таким образом, чтобы несколько штук компактно помещалось на стандартный трейлер. Это максимально увеличило эффективность транспортировки.

Поскольку сборка здания из модулей предполагала установки их в пазы в перекрытиях, требовалась высокая точность изготовления. Для достижения этой цели пришлось применять системы информационного моделирования зданий (BIM), чтобы координировать работы в цеху и на площадке. Привлечение основных субподрядчиков на ранних этапах проекта также дало положительный эффект. Тендеры были проведены раньше, чем обычно, а именно на этапе, когда строительные чертежи были готовы на 50 процентов. Это обеспечило обратную связь от субподрядчиков, которая привела к значительному повышению качества и точности возведения компонентов заводской готовности. Они были изготовлены специально для обеспечения высокой эффективности процесса монтажных работ, что требовало внести немало изменений. В конечном счете использование компонентов заводской готовности сократило график строительно-монтажных работ на два месяца, снизив общую стоимость строительства на 2 процента.

ССЫЛКИ

[NBBJ: проект, Lean Green Caring Machine](#)

[NBBJ: отчет, больница Miami Valley](#)

[Сеть проектирования + здания и строительства:](#)

Разновидности объемного модульного строительства

Объемные модульные компоненты можно изготавливать в формате несущих или ненесущих конструкций. Например, модульное здание может быть выполнено как комплект несущих элементов, которые после сборки на строительной площадке образуют конструкцию здания, или как ненесущие элементы, например, санитарно-технические кабины, устанавливаемые внутри объемной конструкции, компоненты которой могут быть изготовлены либо в цеху, либо на строительной площадке. В большинстве случаев производитель модульных конструкций несет ответственность за проектирование строительных конструкций. Требования к конструкции модульных проектов могут быть довольно строгими. Как правило, это является основным отличием от традиционных методов строительства. Архитекторы должны помнить, что, если производитель модулей принимает на себя ответственность за проектирование строительных конструкций, это подразумевает существенное перераспределение рисков и может потребовать корректировки объема услуг архитектурного подрядчика.

Модульные строительные компоненты могут изготавливаться из различных материалов, включая сталь, бетон и дерево; они могут соответствовать требованиям к конструкциям типа I, II, III и V. Однако модульный подход больше всего подходит для типов конструкций II и V, для которых используется наиболее часто.

Хотя деревянные каркасы были наиболее распространенным типом модульных конструкций (70 процентов в 2017 году согласно данным Института модульного строительства), за последние пять лет наметился сдвиг в сторону стальных модульных конструкций. Эту тенденцию можно частично объяснить тем фактом, что модульное строительство стало применяться для более высоких зданий, где предпочтительнее использовать сталь.

В проекте могут комбинироваться разные материалы и типы сборки, однако, нужно отметить, что для максимальной эффективности процесса изготовления многие производители модулей ориентируются на один конкретный тип конструкций, и не все производители имеют техническую базу, которая позволила бы предложить полный спектр выбора материалов.

В целом, согласно [Совету по модульному строительству Национального института строительных технологий](#) при реализации объемного модульного метода до 95 процентов здания изготавливается вне площадки. Уровень отделки, который применяется обычно для цехового изготовления составляет от 50 до 90 процентов и зависит от множества факторов, включая тип здания, ограничения строительной площадки, местоположение объекта и местный уровень заработной платы рабочих на строительной площадке. Оптимальная степень готовности компонентов модульного здания, а также уровень их завершенности будут варьироваться от проекта к проекту, но основная цель модульного строительства заключается в сведении к минимуму объема работ, выполняемых на строительной площадке. Чем больше работ можно выполнить за пределами площадки в контролируемых условиях заводского цеха, тем выше будет эффективность, и тем меньше риск таких факторов, как повреждение материалов из-за погодных условий или ошибки из-за недостатка координирования работ между смежными отделами. Кроме того, чем меньше работ выполняется на площадке, тем меньше будет вмешательство в жизнь близлежащих районов.

Таким образом, модульное заводское строительство требует значительной интеграции таких этапов строительного проекта, как проектирование, изготовление и строительство. Ключевым стандартом данного подхода является Проект для изготовления и сборки (DfMA) — концепция, основанная на комплексном понимании производственного процесса, в основе которой лежит проект, способствующий изготовлению, транспортировке и монтажу изделия. Применяя эту идею к модульным зданиям, проектные группы не только разрабатывают различные элементы здания, они также планируют процесс того, как эти элементы будут изготавливаться, перемещаться на площадку и монтироваться.

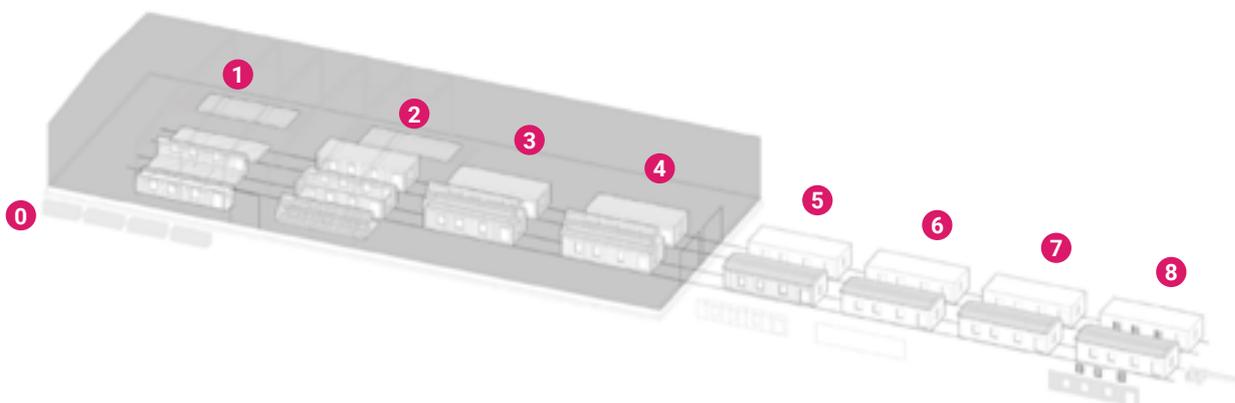
Процесс изготовления

Поскольку изготовление модулей должно рассматриваться как часть проектирования модульных проектов, для проектировщиков важно иметь как минимум общее представление о том, как работает модульное производство.

Например, проектировщики должны осознавать, что цифровые технологии играют ключевую роль в изготовлении модульных компонентов, включая средства информационного моделирования зданий (BIM), средства автоматизированного проектирования (CAD), средства автоматизации производства (CAM), а также станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Проектировщики должны также понимать, каким образом эти средства помогают в массовой адаптации – методе, с помощью которого производители без лишних затрат создают индивидуальные проекты в промышленных масштабах с использованием ассортимента стандартизированных компонентов.

В отличие от традиционного строительства на площадке, где здание в основном строится в направлении снаружи вовнутрь, объемные строительные модули заводского изготовления обычно строятся изнутри наружу. В этом случае сначала собирается коробчатый каркас, затем добавляется внутренняя отделка, компоненты инженерных сетей и изоляция, и, наконец, устанавливается наружная обшивка и облицовка.

Хотя данная последовательность является распространенной, это не является единственным методом изготовления строительных модулей. Разные производители используют свои технологии, и проектировщикам важно понимать специфичность методики при выборе производителя, подходящего для конкретного проекта. Например, некоторые производители могут использовать линейную технологию производства, где задачи выполняются последовательно, тогда как другие используют статичный производственный процесс, подразумевающий одновременное ведение работ над одним модулем по разным отделам.

**Иллюстрация 2.
ЭТАПЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

ЭТАП 0
общая сборка материалов

ЭТАП 1
каркас и настил перекрытий
каркас внутренних/наружных стен
«коробка», установленная на опорную раму

ЭТАП 2
каркас/крепление кровли
крепление потолка к «коробке»
внутренние перегородки
разводка сантехнических систем

ЭТАП 3
гипсокартон (стены)
черновая электрика (стены)

ЭТАП 4
гипсокартон (потолки)
жесткая/напыляемая пенная изоляция
черновая электрика

ЭТАП 5
внешняя обшивка фанерой
обрамление проемов
общая доводка внутренней отделки

ЭТАП 6
наружная пластиковая обшивка
внутренняя отделка (покраска, чистовая отделка)

ЭТАП 7
завершение сантехнических работ
завершение электромонтажных работ
укладка напольного покрытия

ЭТАП 8
заполнение оконных проемов
монтаж сайдинга
герметизация

» Преимущества модульного строительства

Основной причиной, по которой все больше проектов используют модульное строительство, стало понимание преимуществ, предлагаемых данным подходом. Как упоминалось ранее, в модульном строительстве основной объем строительно-монтажных работ выполняется вне площадки в контролируемых условиях. Это способствует повышению качества и сокращению количества отходов, а также обеспечивает контроль затрат и снижение рисков.

Качество

Применение средств повышения эффективности и контроля высокоразвитых производственных процессов в строительстве зданий дает несколько значительных преимуществ. Контролируемые производственные условия, использование точных инструментов изготовления, таких как CAD/CAM, а также возможность автоматизации процессов позволяют достичь высокого уровня контроля и стабильного качества. Контроль качества особенно выгоден, когда необходимо устанавливать чувствительные высокотехнологичные компоненты, такие как системы пожарной и охранной сигнализации, или системы контроля микроклимата с применением датчиков. Повышенная точность изготовления компонентов наружных стен также помогает создавать более герметичную оболочку здания с меньшим количеством продуваемых мест.

В зависимости от сложности графика проекта и формы здания технологии изготовления массового производства можно использовать в качестве дополнительных мер экономии за счет роста масштабов. Кроме того, применение процессов массового производства не обязательно приводит к потере универсальности проекта. Проектные группы могут в сотрудничестве с производителями работать над индивидуализацией массового производства, при которой преимущества экономии от его масштабов будут сочетаться с гибкостью, позволяющей удовлетворять самым разнообразным требованиям заказчиков и проектным замыслам.

Производство и хранение компонентов здания в закрытом помещении также приводит к уменьшению воздействия погодных условий, которые могут вызвать повреждения из-за проникновения влаги в компоненты во время строительства, что снижает их долговечность и повышает вероятность образования плесени, вредной для здоровья жильцов.

Производительность

При использовании метода строительства вне площадки также повышается производительность труда. При работе в цеху бригада меньше зависит от неблагоприятных погодных условий. Кроме того, рабочие, оснащенные точными инструментами и оборудованием и работают в помещении, в котором созданы идеальные условия производства, могут достигать более высоких уровней качества и работать более эффективно. Строительство вне площадки также предполагает постоянный состав бригад и более контролируемый рабочий процесс с более эффективной защитой от различных сбоев.

В дополнение к этому в модульном методе строительства требуется более высокий уровень координирования и сотрудничества между разными членами проектной группы. Это способствует созданию более интегрированного процесса, что в свою очередь приводит к повышению производительности на этапе проектирования и планирования проекта.

Безопасность

Подход строительства вне площадки в целом безопаснее для рабочих. Персонал работает в контролируемых условиях, не подвержен воздействию экстремальных погодных условий и прочим рискам, характерным для строительной площадки, связанным, например, с шумом и качеством воздуха. Согласно данным Бюро статистики труда Министерства труда США частота смертельных травм в целом значительно ниже при изготовлении, чем при строительно-монтажных работах на площадке.

Наряду с повышенной безопасностью перенос строительно-монтажных работ на внеплощадочные производственные объекты может улучшить общие условия труда, например, за счет повышенной безопасности рабочих мест и более гибкого графика сменной работы для сотрудников.

График

Изготовление большей части здания в цеху за пределами площадки означает, что процесс строительства меньше подвержен задержкам из-за неблагоприятных погодных условий. Это способствует большей предсказуемости графика работ. Строительство вне площадки позволяет одновременно выполнять работы, которые обычно происходят последовательно. В сравнении с линейным процессом, который характерен для традиционного строительства на площадке, когда работы по разным разделам выполняются последовательно, при строительстве вне площадки они могут выполняться одновременно.

Кроме того, если проект скоординирован таким образом, что работы на площадке и технологическая подготовка строительства выполняются одновременно с изготовлением строительных компонентов вне площадки, сокращение графика может достигать от 30 до 50 процентов (согласно данным Института модульного строительства), что приводит к значительной экономии от сокращения графика. Это является значительным преимуществом перед традиционным строительством на площадке, когда перед началом строительных работ необходимо завершить фундамент. Чем больше объем работ, которые можно выполнить за пределами площадки, тем меньше времени будут производиться работы на площадке.

Задержки, вызванные проблемами с поставками, также могут сократиться при использовании метода строительства вне площадки, так как производители модулей часто имеют хорошо налаженные связи с крупными сетями квалифицированных поставщиков материалов. Также у них больше возможностей для хранения запасов материалов по сравнению с площадочным строительным производством.

Дополнительную экономию можно достичь за счет тесной координации работ на площадке и вне ее. В идеале компоненты здания необходимо изготовить, перевезти и доставить на площадку в установленное время, а именно в тот момент, когда будет готова объектная инфраструктура, необходимая для их монтажа. Это позволяет избежать дополнительных затрат на хранение в цеху или на строительной площадке.

Необходимо отметить, что экономия времени может зависеть от сложности проекта или требуемого уровня индивидуализации. Хотя преимущество модульного строительства заключается в том, что позволяет выполнять проекты более высокого уровня технической сложности, комплексные проекты, для которых требуются уникальные компоненты, которые потребуют больше времени для изготовления и сборки по сравнению с проектами, в которых используются более стандартизированные элементы.

Иллюстрация 3.
ГРАФИК СТРОИТЕЛЬСТВА

С модульным строительством можно сэкономить время благодаря параллельному выполнению работ вне площадки и на площадке (например, во время подготовки и монтажа фундаментов).



Затраты и стоимость

Хотя модульное строительство может быть более экономичным, чем строительство на площадке, это не означает автоматически снижение общих затрат на проекте. С другой стороны, эти затраты будут более предсказуемыми, чем при использовании традиционных методов строительства. Если доступность и контролируемые затраты имеют первостепенную важность для проекта, для достижения целевых показателей можно использовать модульное строительство. Однако это потребует более глубокой проработки проекта и тщательного планирования.

Затраты на любой конкретный модульный проект (как и в рамках любого традиционного проекта) варьируются в зависимости от множества факторов. При определении различных конкретных факторов, оказывающих влияние на стоимость проекта, а также степени их влияния, проектные группы должны консультироваться с производителем модулей. Например, в некоторых случаях необходимо переделывать модули, чтобы выполнить требования к транспортировке и заданные требования. В иных случаях более сложные конструкции могут увеличить стоимость изготовления (в зависимости от производителя модулей), например, если требуются более дорогие материалы, необходимо больше времени на производство, или предстоит переоснастить модульную фабрику, чтобы можно было изготавливать необходимые элементы.

Экспертное мнение производителя модулей может быть также полезным при определении наиболее экономичного способа транспортировки модулей. Как и в случае с затратами на изготовление, затраты на транспортировку любого конкретного модульного проекта будут зависеть от нескольких переменных, включая, помимо прочего, расстояние доставки от цеха изготовления до рабочей площадки, а также количество рейсов, которые нужно сделать.

В большинстве случаев все модули будут крупногабаритными грузами, что потребует получения специальных допусков для их транспортировки по дорогам общего пользования. В некоторых случаях, в зависимости от конкретного проекта и места его реализации, может быть экономически выгоднее изготовить модули максимального размера (в рамках установленных норм) и оплатить полицейское сопровождение или проезд по специальному маршруту, чтобы сократить общее количество модулей и количество рейсов. Данная стратегия также поможет сократить количество подъемов краном, что нивелируется более высокими затратами на задействование кранов большей грузоподъемности для подъема таких крупногабаритных компонентов.

В конечном итоге, при анализе затрат на модульное строительство в сравнении с традиционным строительством конкретного проекта будет важно учесть все фиксированные и переменные расходы. В целом модульное строительство следует рассматривать как инвестицию в жизненный цикл объекта. Вне зависимости от размера первоначальных затрат, при правильной реализации оно может оказаться более экономичным способом, который позволит повысить ценность в долгосрочной перспективе. В идеале решение использовать модульное строительство принимается не на основе сравнения первоначальных затрат, а на базе четкого понимания его конкретных преимуществ, а также их соответствия ценностям владельца проекта.

Экоустойчивость

Модульное строительство может также значительно повысить экоустойчивость проекта. Например, производство компонентов здания вне площадки обеспечивает оптимальный контроль расхода материалов, что приводит к снижению материальных затрат и количества отходов в сравнении с традиционным строительством на площадке. Кроме того, в ходе проекта можно собрать значительное количество лишних материалов и обрезков и поместить обратно в запас для использования на других проектах. В целом чем больше доля компонентов проекта, изготавливаемых вне площадки, тем больше преимуществ за счет оптимизации расхода материалов и сокращения количества отходов.

Проектные группы также должны сотрудничать с производителями в части выбора материалов и изделий, которые могут дополнительно снизить количество отходов материалов, их обработки и транспортировки. Например, если указать в проекте местные ответственно изготавливаемые материалы (например, лес, сертифицированный по FSC), это может сократить влияние проекта на экологию, связанное с транспортировкой материалов и истощением природных ресурсов, включая вырубку лесов.

Поскольку в одном цеху можно одновременно изготавливать компоненты здания для нескольких проектов и отгружать почти завершённые здания на строительные площадки, количество поездок, совершаемых рабочими, а также рейсов для мелкого подвоза материалов в модульном строительстве значительно сокращается, что также приводит к существенному уменьшению выбросов от транспортировки.

Производственные энергозатраты модульных проектов также можно сократить благодаря повышенной, более надёжной теплоизоляции, которой можно достичь за счёт точности, контроля качества и её стабильности, характерных для внеплощадочного производства компонентов оболочек здания в контролируемых условиях изготовления. Кроме того, поскольку при модульном методе строительства на площадке необходимо заделывать меньшее количество швов и стыков, это естественным образом приводит к более высокой герметичности, которая, например, требуется в соответствии со [стандартом эффективности Института пассивного дома](#).

Для модульного строительства требуется меньше пространства вокруг строительной площадки для рабочих, проездов техники и складирования материалов, в результате чего строительная площадка занимает меньшую площадь и сокращается повреждение почвенного слоя. И поскольку площадочная часть процесса модульного строительства занимает меньше времени, чем традиционные процессы, а также подразумевает привлечение меньшего числа рабочих, меньшего движения транспорта и меньшего объёма обработки материалов, это приводит к снижению вмешательства в жизнь близлежащих районов.

(Более подробную информацию по данной теме см. в отчете [«Строительство вне площадки: характеристики экоустойчивости»](#), подготовленном компанией Building Intellect)

Практический пример



Проект: лаборатория гарвардского университета Pagliuca Life Lab
Архитектор: Shepley Bulfinch
Изготовление вне площадки и транспортировка: NRB и Triumph Modular
Монтаж на площадке: Shawmut Design and Construction
Площадь: 15 000 квадратных футов (1394 квадратных метра)
Местоположение: Олстон, Массачусетс
Окончание строительства: 2016 г.
Доля заводской готовности проекта: 100 процентов
Продолжительность: 7 месяцев
Назначение: коммерческая лаборатория с офисом

Гарвардский университет построил лабораторию Pagliuca Life Lab, чтобы удовлетворить растущую потребность новых компаний в сфере здравоохранения в специализированных лабораторных помещениях. Согласно проекту в здании может размещаться до 20 компаний, при этом первый этаж выделен под легко адаптируемое офисное пространство, а второй этаж – под лаборатории.

Университет выбрал метод модульного строительства, чтобы решить проблему нехватки лабораторных помещений в кратчайшие сроки и наименее затратным способом. В конечном итоге здание было построено всего за семь месяцев, что на пять месяцев меньше расчетного срока при использовании традиционного метода строительства на площадке.

Кроме того, преимущество модульного подхода также минимизировало вмешательство в жизнь кампуса во время строительства и оставило возможность для будущей перепланировки. Модульная конструкция здания позволяет увеличивать или уменьшать его размер, а также легко перемещать на другое место (по имеющимся данным, университет планирует переместить объект в более постоянное место через 5–10 лет).

Здание состоит из 34 модулей, которые были изготовлены вне площадки за два месяца. С помощью статического процесса производства производитель модулей смог добиться заводской готовности на уровне около 85 процентов. В модули со стальным каркасом и бетоном, уложенным в композитные стальные настилы, были заранее установлены электрическая проводка, инженерные коммуникации и системы огнетушения; также была выполнена внутренняя отделка и завершена большая часть наружной фасадной системы. Бетонные и алюминиевые панели, установленные на линиях сопряжения модулей, устанавливались на площадке.

Обычно чистая высота потолков в новых лабораториях составляет 15 футов, что позволяет устанавливать дополнительное инженерное оборудование. Однако, в соответствии с регламентами по транспортировке, действующими в штате Массачусетс, проектировщики были ограничены высотой модуля 12 футов и 9 дюймов (3,7 метра). Чтобы пространство не казалось тесным, проектировщики разработали концепцию открытого потолка. Однако, для этого потребовался более высокий уровень координирования для органичной прокладки воздуховодов, установки спринклерных систем, инженерных коммуникаций и конструкций. Проектная группа также сократила количество колонн, скрыв часть из них в стенах, чтобы дополнительно усилить эффект визуального расширения пространства.

Кроме того, на протяжении всего процесса требовался более высокий уровень внимания и детализации, чтобы скоординировать установку более сложных и комплексных инженерных систем и системы противопожарной защиты. Использование метода статического производства в этом случае было выгодным, потому что позволило рабочим по разным дисциплинам выполнять работы одновременно, а не последовательно, как в случае линейного метода производства.

Перед транспортировкой на строительную площадку здание было временно собрано на заводе. Такая предварительная сборка макета вне площадки гарантировала правильность подбора систем и отделки и точность соединения модулей при монтаже на площадке. Это также позволило владельцу и архитектурному подрядчику провести предварительный контроль, чтобы сразу разрешить любые вопросы, а также присутствовать при проверках и испытаниях.

Модульное строительство для длительного срока эксплуатации и свободной планировки

С модульным проектом также появляется возможность обеспечить гибкость по типу «подключай и используй», которая позволяет легко адаптировать или модифицировать модульные здания под различные потребности по прошествии некоторого времени после установки. Также в проекте модульных конструкций можно предусмотреть демонтаж и повторное использование, что позволяет разбирать здание на части и заново возводить его в другом месте, или даже использовать в составе нескольких других проектов. Но даже если модули повторно не используются, модульные здания, проект которых предусматривает демонтаж, можно будет легко вывести из эксплуатации и демонтировать более контролируемым, чистым и безопасным для окружающей среды способом в сравнении со зданиями, которые строятся и сносятся традиционными методами.

ССЫЛКИ

[NRB: лаборатория Гарвардского университета Pagliuca Life Lab](#)

[US Modular, Inc: интервью. «Строительство Гарвардской лаборатории Life Lab методом модульного строительства»](#)

[Конгресс LCI: презентация, Lean и успех модульного производства](#)

[AIA: награда, лаборатория Гарвардского университета Life Lab](#)

Более того, по мере развития строительных технологий и повышения внимания к повторному использованию и утилизации материалов, строительная отрасль может получить способы извлечения конструктивных элементов из модулей для повторного применения. Таким крупным элементам, как балки, колонны, плиты и стены, можно присвоить уникальные идентификационные номера, указанные в информационных базах данных, чтобы обеспечить организованное их хранение и перераспределение для использования на новых проектах в соответствии с их расчетными показателями. Проектные группы могут дополнительно увеличить степень пригодности к повторному использованию, проектируя более мелкие блоки и элементы с возможностью легкого демонтажа и разделения на категории материалов.

(Более подробную информацию и детальное руководство по этим темам см. в «Практическом руководстве AIA по проектированию для целей адаптации, демонтажа и повторного применения»)

В целом, непрерывное развитие в смежных областях (материаловедение, методы изготовления, высокоэффективные практики проектирования и строительства) будет способствовать непрерывной эволюции модульного строительства, делая его все более предпочтительным решением для достижения целей по «концепции тройного критерия» в экологическом, социальном и экономическом показателях.

» Барьеры

Несмотря на ряд преимуществ, предлагаемых модульным строительством, а также несколько факторов, способствующих росту его применения, существуют определенные барьеры, замедляющие скорость распространения данного подхода к строительству. Участники упомянутого ранее исследования, проведенного среди владельцев, заявили, что модульный подход используется в настоящее время только для 33 процентов капитальных объектов.

Например, цепочка поставок все еще ограничена. В настоящее время многие производители модулей ориентируются на конкретные сегменты рынка и на здания от мало- до среднеэтажных, и не готовы производить широкий ассортимент под разные типы и размеры проектов.

Также существует некоторая путаница в том, каким образом строительные нормы и правила применяются к модульным проектам. Проекты, в которых применяется изготовление модулей вне площадки, должны соответствовать тем же строительным нормам, которые применяются к традиционному строительству на площадке, и никаких особых положений, касающихся использования модульного строительства нет. Однако в связи с тем, что процесс подачи документации и получения разрешений в модульном строительстве отличается от традиционного, для проектных групп, не знакомых с процессом, это является своеобразным препятствием. Хотя во многих штатах теперь существуют правительственные программы, регулирующие модульное строительство и предоставляющие проектным группам требования альтернативной процедуры получения разрешительной документации (описано более подробно ниже), в некоторых штатах этого до сих пор нет.

Ложное представление

Общий недостаток опыта также может помешать владельцам и проектным группам комфортно работать с модульным строительством. Однако, скорее всего со временем это изменится, так как все больше участников отрасли знакомятся с данным подходом.

Люди, не знакомые с модульным строительством, могут ошибочно считать, что выбор этой стратегии является категоричным — «все, или ничего». Однако в большинстве проектов применяется определенное число модульных компонентов, используемых в комбинации с традиционным строительством, создавая таким образом гибридный проект, который все еще может предложить множество преимуществ модульного строительства. Например, при реализации проекта может быть выгодно изготавливать вне площадки только стандартные повторяющиеся элементы. При этом на площадке будут параллельно возводиться архитектурно уникальные компоненты, такие как входные группы, лифтовые и лестничные шахты.

Некоторые архитекторы могут также считать, что модульное строительство ограничивает их в выборе проектных решений, и они теряют контроль над ситуацией, но на самом деле с помощью методов массовой индивидуализации, дающих большую свободу для архитектурной мысли, можно реализовать огромное количество форм и стилей. Это подтверждается огромным разнообразием проектов, включая конкретные случаи, описанные в данном документе, а также проекты, о которых можно узнать в разделе «Дополнительные источники», недавно построенные с помощью модульного метода. Кроме того, возможности, которые предоставляют методы массовой индивидуализации, могут значительно расширить потенциал архитектора при адаптации конструкции изготовленных компонентов. Например, средства параметрического проектирования, интегрированные в передовые системы BIM-моделирования, а также высокоточные средства автоматизированного изготовления, могут предоставить архитекторам значительно более широкие возможности для контроля формальных качеств компонентов модульного здания. Плюс к этому, средства быстрого макетирования могут ускорить более сложные и информированные итерации, предоставив архитекторам дополнительные возможности оценки полномасштабных макетов компонентов, изготовленных по индивидуальному проекту.

Отличия от традиционного метода строительства

В модульном строительстве обычно используются другие модели финансирования, что также может оттолкнуть некоторых владельцев проектов от их опробования. Например, в модульных проектах могут потребоваться более высокие затраты на начальном этапе для технического согласования по сравнению с традиционными строительными проектами. Обеспечение соответствия строительным нормам может увеличить объем проектных работ и привести к повышению затрат до начала проекта в сравнении с традиционными проектами. В модульном строительстве также может потребоваться иной цикл оборота наличных средств, поскольку сроки строительства существенно сокращаются. Владельцам, переключающимся на модульное строительство, может потребоваться пересмотреть свои финансовые процедуры.

Необходимо отметить, однако, что сокращение срока строительства является возможностью для сокращения общего финансирования застройки при использовании модульного строительства, как сообщается в строительном отчете компании KPMG Smart. Чем меньше сроки строительства, тем меньше застройщик несет затрат, и тем быстрее проект дает прибыль.

При государственном финансировании проекта могут возникнуть также дополнительные трудности в зависимости от штата, в котором он расположен и от местных требований, касающихся закупок, так как модульное строительство в этом отношении сильно отличается от традиционного. Например, модульный проект, который будет построен в большой степени вне площадки, будет иметь график, который может не подойти для типового графика платежей AIA, на котором основаны ежемесячные поэтапные платежи. Это также создает трудности в части платежных сертификатов, которые могут быть запрещены в рамках некоторых проектов с государственным финансированием.

Существует также определенное сопротивление для модульных методов в строительной отрасли со стороны некоторых профсоюзов. Поскольку модульное строительство предполагает повышенный уровень стандартизации и индустриализации, некоторые представители считают, что это сокращает потребность в традиционных специальностях. Однако, защитники модульного подхода утверждают, что модульное строительство, в котором применяются быстро развивающиеся технологии, инструменты и методы, приведет вместо этого к созданию новых и более привлекательных возможностей для профессионалов в строительной отрасли, особенно для молодежи. Прочие просто указывают, что строительство вне площадки необходимо для устранения общей тенденции к сокращению численности квалифицированной рабочей силы.

Некоторые возражают, что необходим культурный сдвиг в отрасли в целом, прежде чем все преимущества модульного строительства будут реализованы в широких масштабах. Одним из способов мотивации такого культурного сдвига на практике может быть начало включения альтернативных подходов, как, например, модульное строительство, в учебные программы по архитектуре и строительству (информацию о том, как в высших образовательных учреждениях преподаются методы модульного строительства, см. в данном исследовании, проведенном компанией https://www.nibs.org/resource/resmgr/images/nibs_logo_wt.png «Совет по модульному строительству», Ассоциация учебных заведений по Строительству и Ассоциация учебных заведений по архитектуре).

Что еще нужно учесть

Наконец, некоторые аспекты модульного строительства могут его сделать менее предпочтительным методом для ряда проектов. При рассмотрении модульного строительства в качестве возможного подхода, проектные группы должны учесть следующее:

- › производители модулей не всегда способны производить очень сложные формы по приемлемой цене;
- › модульное строительство требует дополнительного времени для проведения согласований и инспекций в местах, где местным органам власти мало знакомы методы изготовления модулей (однако, данный вопрос можно обойти во многих штатах, где есть специальные программы, отвечающие за модульное строительство);
- › как правило, здания из модульных конструкций получаются более крупными, так как в каждом модуле свои независимые стены, перекрытия и потолки. Это означает, что перекрытия и стены будут толще, чем при обычном строительстве. Хотя это может быть и более выгодно с точки зрения шумоизоляции, энергоэффективности и температурного комфорта, это может также негативно отразиться на площади внутреннего жилого пространства при более высоких конструкциях — за счет уменьшения полезной площади и объема внутреннего пространства — если данный вопрос не был тщательно проработан на этапе проектирования;
- › здание с очень большими свободными пролетами и относительно высокими открытыми потолками — например, большой гипермаркет — не подходит для модульного строительства.

Кроме того, существуют некоторые обстоятельства, которые не подходят для модульного строительства и в которых преимущества этого подхода вряд ли будут реализованы полностью. Например, строительные площадки с хорошим доступом, расположенные на доступной территории в таком климате, где строительство можно вести круглый год, вряд ли получат какие-то преимущества от изготовления вне площадки кроме ускорения реализации.

Аналогичным образом, если проект находится в месте с отличным доступом к дешевым материалам и рабочей силе, возможная экономия за счет модульного метода может сократиться в сравнении с регионами, где материалы и рабочая сила более дорогие. Однако, экологические преимущества, которых можно достичь за счет оптимизации расхода материалов и повторного использования отходов непосредственно в процессе изготовления, все еще могут стимулировать применение метода. Аналогичным образом, продолжительность нарушения жизни близлежащих районов и всего населенного пункта будет меньше в этих условиях.

Практический пример



Проект: 461 Dean Street

Архитектор: Shop Architects

Изготовление вне площадки и транспортировка: FC Modular

Монтаж на строительной площадке: Turner Construction Company

Площадь: 350 000 квадратных футов (32 516 квадратных метров)

Местоположение: Бруклин, Нью-Йорк

Окончание строительства: 2016 г.

Доля заводской готовности проекта: ~60 процентов

Продолжительность: ~4 года

Назначение: жилое здание

461 Dean Street — это 32-этажное здание на 363 квартиры с торговыми площадями на первом этаже. В дополнение к экономическим вопросам, связанным с финансовым кризисом 2008 года, проблемы, связанные с нестабильностью цен на местную рабочую силу, принудили застройщика искать более экономичный метод строительства объекта. Застройщик выбрал подход изготовления модулей после проведения исследования для определения затрат на строительство базового проекта с использованием модульного метода в сравнении с традиционными методами строительства. Цель заключалась в сокращении стоимости на 20 процентов (в сравнении с базовой оценочной стоимостью по традиционному методу строительства) и в сокращении графика с 30 до 10 месяцев частично за счет одновременного выполнения работ на модульной фабрике и на площадке.

Хотя местные профсоюзы противились модульному подходу из-за возможных юридических конфликтов, которые могли возникнуть в связи с использованием нескольких рабочих площадок для одного проекта, застройщик договорился о заключении «неподведомственных» контрактов для реализации проекта. Переговоры также привели к тому, что профсоюзные бригады согласились работать за более низкую плату в обмен на гарантированную стабильную круглогодичную работу для 250 рабочих. Основным аргументом заключался в том, что рабочие получают опыт применения концепции модульного строительства, работая при этом на фабрике с контролируемым микроклиматом по графику, который не зависит от неблагоприятной погоды.

В целом здание состоит из 930 модулей со стальным каркасом. Жилые модули располагаются вокруг двухстороннего центрального коридора, образуя продольные плиты перекрытия, опирающиеся на соединенную болтами распорную раму. Стремление получить большое разнообразие форм и конструкции фасада привело к образованию 225 уникальных типов модулей. Лифтовые и лестничные шахты были также изготовлены в виде модулей вне площадки. Узлы и методы изготовления были стандартизированы, чтобы максимально повысить эффективность производственного процесса.

Стены по периметру, перекрытия и потолки каждого модуля были спроектированы таким образом, чтобы при монтаже они совмещались со стенами, перекрытиями и потолками смежных модулей, обеспечивая необходимую противопожарную преграду между помещениями, а также мембранную огнезащиту для элементов стальных конструкций каркасов модулей.

Каждая панель навесной стены заводской готовности имела компрессионную прокладку по периметру, которая при монтаже герметично примыкала к прокладке смежных модулей. Такие фасадные панели устанавливались на модули в цеху, что не является типичной практикой, поскольку не обеспечивает достаточную свободу регулировки в отличие от фасадных систем, устанавливаемых на площадке. У первого подрядчика возникли трудности с контролем геометрии при перегрузке модулей на сборочной фабрике, и несколько фасадных панелей пришлось исправлять на площадке. Однако, в целом эффективность системы фасадной конструкции и прокладок была подтверждена вторым подрядчиком, который смог смонтировать верхние 20 этажей с заданными допусками.

Обычно на модульных проектах с площадью около 4645 квадратных метров (100 модулей) оснащение и изготовление всех модулей часто завершается до начала монтажа. Для проекта 461 Dean Street, в котором было 930 модулей суммарной площадью 360 000 квадратных футов (33 445 квадратных метров), данный подход был невозможен из-за пространства, необходимого для хранения такого количества модулей. Вместо этого использовался подход, при котором увеличивалась скорость производства модулей. В проекте было множество существенных задержек в основном из-за невозможности фабрики изготавливать модули в том же темпе, в котором работал кран на площадке. Некоторые модули приходилось разбирать и восстанавливать на объекте из-за повреждения водой от утечек, вызванных неправильной сборкой временной гидроизолирующей кровли модулей нижних этажей.

ССЫЛКИ

[СТВУН: газета, проект многоэтажного модульного здания в Atlantic Yards B2](#)

[City limits: статья, документы раскрывают проблемы в инновационном здании Atlantic Yards](#)

[Модульная высотка Бруклина в парке Pacific Park встречает своих первых жильцов](#)

Эти проблемы привели к затяжному правовому спору между застройщиком и главным подрядчиком, что еще больше задержало строительство. В конечном итоге застройщик взял под свой контроль процесс сборки модулей и нанял другого подрядчика для надзора за работами на площадке.

Помимо этих проблем также возникали задержки из-за того, что проектная группа неточно рассчитала время, которое понадобится для оснащения производственного объекта, обучения рабочих и налаживания надежной цепи поставок (необходимо отметить, что в этом случае застройщик решил начать изготовление новых модулей с подрядчиком, который имел небольшой опыт в модульном строительстве. Если бы застройщик работал с опытным производителем модулей, имеющим готовую производственную базу, рабочую силу и каналы поставок материалов, многих из проблем, возникших на данном проекте, можно было бы избежать).

› МОДУЛЬНЫЙ ПОДХОД НА ПРАКТИКЕ

При принятии решения о целесообразности использования модульного строительства вне площадки для конкретного проекта заинтересованные стороны должны, прежде всего, достаточно хорошо разобраться в этом процессе, чтобы оценить, в какой степени он поможет проекту достичь целей в части затрат, времени, рабочей силы, площадки и графика.

Некоторые аспекты делают модульное строительство идеальным методом. Например:

- › проекты, где сокращение графика или времени вывода на рынок является основным мотиватором для владельца;
- › проекты с наличием повторяющихся элементов, например, одинаковые учебные классы, общежития, офисы или лаборатории;
- › проекты с относительно частым шагом в каркасе без больших пролетов;
- › проекты, расположенные на удаленных или недоступных площадках, где строительство на площадке было бы затруднено, например, в плотной городской застройке, или в местах с кратким сезоном строительных работ, или в местах с дорогими материалами, рабочей силой и (или) землей;
- › проекты, расположенные в местах, где наблюдается недостаток рабочей силы.

Необходимо отметить, что при отсутствии этих условий модульное строительство все еще может быть эффективным и конкурентным процессом, однако полная реализация всех преимуществ модульного метода будет невозможна.

В дополнение к этим аспектам важно признать, что метод модульного строительства может потребовать от проектной группы взять на себя дополнительную ответственность в сравнении с ответственностью проектировщика на традиционном проекте (более подробное описание приведено ниже). Например, при проектировании модульного здания необходимо учитывать процесс изготовления, вопросы транспортировки, а также последовательность работ — некоторые из которых традиционно относятся к средствам и методам строительства. В большинстве модульных проектов архитектор полагается на производителя в части предоставления информации, а в некоторых случаях и в части выполнения проектирования конструкций, так как обычно возникает больше нюансов, чем в традиционных строительных проектах. В этом случае необходимо четкое разграничение объема услуг, обязанностей и ответственности. Учитывая тот факт, что подход модульного строительства требует внесения изменений в некоторые традиционные услуги проектировщика, архитекторы должны проконсультироваться со своим страховым брокером или местным юристом, прежде чем начинать модульный проект, чтобы они могли понимать аспекты, связанные с принятием полностью информированного решения.

Быстрое решение

Эффективная реализация модульного строительства требует готовности к раннему планированию и принятию решений. По этой причине важно придерживаться выбранного метода с самого начала проекта. Принятие решения об использовании модульного подхода после завершения этапа проектирования может не дать желаемых преимуществ модульного строительства.

Модульное исполнение — это нечто большее, чем традиционный проект здания, разделенный на компоненты. В идеальном варианте концепция модульного проектирования должна быть принята с самого начала реализации проекта. Это гарантирует, что различные аспекты, включая те, что относятся к геометрии и стратегии использования материалов, транспортной логистике и вопросам, связанным с общим объемом и координированием, будут полностью интегрированы в процесс. В целом, проектирование, ориентированное на модульное строительство с самого начала, — это наилучший способ выжать по максимуму преимущества и эффективность, предлагаемые этим методом.

В частности, проектным группам, не знакомым с модульным строительством, будет полезно проконсультироваться с производителем модулей сразу после разработки концептуальной схемы, если не раньше. В некоторых ситуациях сторона, отвечающая за изготовление модулей вне площадки — будь то генеральный подрядчик или производитель модулей, заключивший контракт с генеральным подрядчиком — может разделить ответственность за проектирование, чтобы проект отвечал требованиям передовых технологий модульного строительства. В частности, производитель модулей может взять на себя проектирование строительных конструкций. В зависимости от распределения ответственности за проектирование и от объема работ производителя на конкретном проекте такой процесс проектирования может потребовать значительной доработки для проектных групп, не знакомых с этим методом.

Основная разница в проектировании модульного проекта заключается в том, что он требует принятия решений на ранних этапах процесса. Например, в традиционных строительных проектах процесс проектирования обычно частично накладывается на процесс строительно-монтажных работ. Проектирование внутренних пространств, например, часто продолжается в то время, когда уже возводится конструкция здания. Однако, на модульных проектах это не целесообразно. Планировка помещений, узлов, интеграция инженерных сетей на модульных проектах обычно завершаются раньше, поскольку внесение изменений в проект модулей после начала изготовления может быть очень затратным. Это различие необходимо понимать до принятия решения о применении модульного метода.

» Эскизный проект

Соответствие закону, финансирование и страхование

В начале этапа эскизного проектирования проектная группа должна четко определить, какая сторона отвечает за модульные компоненты, а также связанные с ними финансовые и страховые обязательства, в каждой точке процесса, в особенности во время транспортировки и доставки модулей на рабочую площадку.

При реализации модульной конструкции проектные группы должны учитывать некоторые уникальные вопросы, связанные с финансированием и финансовыми обязательствами. Например, модульные проекты не очень просто укладываются в традиционные расчеты заемщиков, поскольку доставляемые на площадку и готовые к монтажу модули рассматриваются как материалы. Большая часть вертикальных конструкций монтируется вне площадки, что смещает баланс типового строительного процесса, основанного на планируемом соотношении трудозатрат и материалов.

Модульное строительство также связано с определенными рисками, которые необходимо учитывать и от которых необходимо защититься. Например, существует риск, связанный с транспортировкой модулей и большим объемом крановых работ при монтаже на площадке. В целом вероятность значительного повреждения модулей во время транспортировки относительно низкая, а ремонтные работы, которые скорее всего будут выполняться на площадке, будут покрыты страховкой перевозчика. В большинстве случаев доставка входит в объем работ производителя, поэтому он будет отвечать за координацию с перевозчиком, чтобы убедиться, что страховка перевозчика покрывает все транспортные риски.

В отличие от традиционных проектов строительства на площадке, где трудозатраты составляют около 60 процентов от общей стоимости проекта, на модульных проектах большая часть трудозатрат, которые обычно относятся к работам на площадке, попадают на работы вне площадки. Это влияет на условия отдельных видов страхования, которые необходимо оформить. Например, не будут целесообразными договоры «связанного» страхования (например, контролируемая владельцем программа страхования (OCIP) и контролируемая подрядчиком программа страхования (CCIP)).

Также, если готовые модули необходимо хранить за пределами площадки ввиду задержки графика, проект должен получить условие, изменяющее покрытие страховых рисков строительства, поскольку имущество, которое хранится вне площадки, обычно в такое покрытие не входит.

Что касается страхования рабочих от несчастных случаев, для работ в модульном строительстве должны использоваться следующие классификации согласно Национальному совету по страхованию компенсации:

- » код 2797 для всех работ по изготовлению модулей, включая работы в цеху изготовления и транспортировку модульных компонентов производителем;
- » код 2799 для всех работ по устройству, сборке и монтажу модулей, выполняемых на рабочей площадке проекта, включая все работы по доставке и размещению на площадке, выполняемые специализированными подрядными организациями.

(Более подробную информацию по данной теме см. в статье «Рост модульного строительства: коммерческие и юридические аспекты», опубликованной Национальным институтом строительных технологий).

Модель доставки

В общих чертах, традиционная модель «проект/тендер/строительство» не очень хорошо подходит для методов модульного строительства. С этой моделью владелец и проектная группа, как правило, разрабатывают проект отдельно от подрядчиков до проведения тендера, и к этому времени проектирование уже доходит до той точки, когда проектная группа уже не захочет или не сможет вносить изменения для оптимизации под модульное строительство.

Более того, вне зависимости от того, оцениваются ли тендерные предложения по критерию самой низкой стоимости или по другим критериям (экоустойчивость, график, опыт и т. д.), модель «проект/тендер/строительство» определяется последовательным графиком, где каждая сторона действует в относительной изоляции перед передачей проекта на следующий этап. Данный линейный процесс является невыгодным, потому что он часто приводит к отсутствию связи между проектной и строительной группами, что в конечном итоге увеличивает сроки реализации проекта.

Комплексный и итерационный подход к созданию моделей «проект/строительство» и интегрированная реализация строительных проектов (IPD) делает их наиболее идеальными для модульного строительства. В модели «проект/строительство» этап проектирования и этап строительства накладываются, при этом архитектурный и строительный подрядчик координируют проект по мере его разработки. Для модельных проектов производитель модулей также должен быть включен в группу «проект/строительство», чтобы в процессе проектирования давать обратную связь, касающуюся изготовления. Например, в начале проекта производитель должен перечислить и разъяснить проектной группе все ограничения, накладываемые процессом производства и транспортировки модулей. Данная модель также позволяет определять реальные затраты на более раннем этапе процесса, чтобы во время проектирования можно было вносить корректировки, обеспечивающие выполнение проекта в рамках бюджета.

Аналогичным образом, в модели IPD производитель модулей вместе с другими ключевыми консультантами будет привлечен к работе с самого начала проекта, благодаря чему они могут давать рекомендации и координировать проект более эффективно. Модель IPD во многих смыслах является идеальной для модульного строительства, где требуется высокий уровень интеграции не только в части совместной работы групп на этапе проектирования, но также и в отношении концепции и разработки здания как интегрированной системы изготовленных изделий и компонентов для достижения наивысшей возможной эффективности.

Вне зависимости от того, какой из множества методов реализации используется, проектная группа должна гарантировать, что он обеспечит раннее привлечение всех необходимых консультантов и уровень информационного потока, необходимый для успешной реализации модульного строительства. Как минимум, он является идеальным для привлечения как производителя модулей, так и руководителя строительства на раннем этапе, так как эти стороны будут отвечать за два основных компонента модульного строительства: работы вне площадки и работы на площадке соответственно. Изначальное и непрерывное координирование этих процессов является критичным для успешной реализации модульного строительства (также возможны ситуации, при которых один генеральный подрядчик отвечает за выполнение как изготовления вне площадки, так и за строительство на площадке).

Соответствие нормам

Проектные группы должны координировать работы с руководителем строительства на раннем этапе процесса, чтобы установить состав местных требований к разрешительной документации. Модульные здания должны отвечать всем действующим нормам города и штата, в котором они будут располагаться, вне зависимости от того, где они будут изготовлены; проектные группы должны обеспечить передачу этих нормативных требований всем участникам проекта, а также включение их в технические условия и в процесс планирования проекта с самого начала проектирования.

Нужно отметить, что хотя нормативные требования для модульных проектов аналогичны установленным для обычных проектов (как правило, в большинстве стран они основаны на Международных строительных нормах), и что специальные положения для методов модульного строительства отсутствуют, способы применения этих норм и процесс проверки соответствия для модульных проектов отличаются.

Поскольку во многих штатах имеются специальные программы для модульного строительства, юрисдикция которых распространяется на инспектирование трехмерных модулей заводского изготовления, и ответственность за согласования производителей, их контроль качества и средства управления, и планы, в некоторых штатах этого нет. В таких случаях местные власти, обладающие юрисдикцией, отвечают за обеспечение соответствия модульных проектов нормам.

В штатах, где имеются специальные программы для модульного строительства, проектные группы предоставляют чертежи на модульные компоненты представителям региональных программ на проверку и согласование. В зависимости от штата, где расположен объект, может потребоваться проведение инспекции на соответствие нормы производственного участка, строительной площадки или обоих объектов. Как правило инспектирование модульной фабрики проводит лицензированное штатом независимое проектное агентство (если требуется).

Для каждого модуля на конечной площадке строительства выпускается бирка, означающая соответствие действующим строительным нормам.

Работы на площадке и любые другие работы по изготовлению, которые не входят в объем модульного строительства, будут проверяться и инспектироваться местными агентствами. В зонах юрисдикции, где модульное строительство еще не распространено, проектные группы должны заранее поработать с местными органами, чтобы определить, насколько это возможно, что потребуется в части соответствия.

(Для проверки соответствующих административных программ и норм для модульного строительства в конкретной зоне юрисдикции см. [средство поиска строительных норм Института модульного строительства](#)).

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

Существует множество источников (чертежи, технические условия, передовые практики, доступные для проектных групп), которые можно изучить до начала процесса модульного проектирования. Например, ниже представлены отличные справочные материалы:

- > [Национальный институт строительных технологий – источники Совета по модульному строительству](#)
- > [Институт модульного строительства](#)
- > [Модульная архитектура: справочник по модульному проектированию и строительству](#)
- > [Справочник по архитектурному проектированию в модульном строительстве](#)

» Проектирование

Роль производителя модулей

Как только модульный проект готов выйти за рамки эскизного проектирования, следует привлечь производителя модулей для консультаций и, возможно, услуг по оказанию помощи в проектировании.

Чем раньше это происходит, тем лучше — особенно для проектных групп не знакомых с модульным строительством. Привлечение производителя модулей на раннем этапе позволяет проектной группе воспользоваться опытом и знаниями производителя доступных изделий и технологий.

В большинстве случаев, так как проект строительных конструкций является наиболее важным элементом модульного строительства, производитель модулей берет на себя проектирование строительных конструкций или, как минимум, предоставляет услуги по оказанию помощи в их проектировании. Так как производители модулей обычно имеют больше опыта со всеми сложностями модульного строительства, они могут лучше убедиться, что на этапе проектирования достигнута необходимая эффективность, а связанные с методом риски устранены. Архитекторы должны понимать, что это требует фундаментальных изменений в части традиционного разделения ответственности за проектирование.

В дополнение к этому, консультирование с производителем модулей на достаточно ранних этапах может также помочь проектной группе в следующем:

- » обеспечить максимальную гибкость вариантов проектных решений;
- » убедиться, что в проектных технических условиях не заложены материалы или изделия, которые могут продлить график из-за увеличенных сроков поставки;
- » участвовать в разработке смет, давая рекомендации, которые могут помочь снизить затраты или улучшить график работ;
- » обеспечить контроль и снижение транспортных расходов, где это возможно, сравнивая транспортные расходы на каждый модуль с затратами на монтаж каждого модуля на площадке;
- » по возможности обеспечить контроль и снижение затрат на строительство, оптимизируя схематический план модулей;
- » обеспечить технологичность строительства проекта, информируя, например, о невозможности соответствия критериям проектирования (например, по причине транспортных ограничений) и помочь в разработке альтернативных решений;
- » обеспечить эффективность использования материалов и снижение объема отходов;
- » свести к минимуму риски всего процесса.

Архитектор должен точно определить конкретную зону ответственности производителя модулей. Если роль производителя модулей в процессе проектирования не будет четко определена, это может стать проблемой, так как будет непонятно, кто за что отвечает. В самом начале процесса проектирования необходимо определить, на какую информацию от производителя модулей проектная группа может рассчитывать.

Часто производитель сначала выступает в роли консультанта, отвечая на вопросы и предоставляя замечания по проекту. Однако, в некоторых случаях производитель может принять на себя значительную или полную ответственность за отдельную часть проекта, например, систему строительных конструкций, как описывалось выше. В этих случаях производитель должен взять на себя полную юридическую ответственность за такую систему.

При выборе производителя модулей проектная группа должна исследовать рынок, запрашивая, например, рекомендации и анализируя конкретные примеры аналогичных проектов, а также разослать предквалификационные анкеты для создания списка потенциальных подрядчиков.

В качестве критериев для принятия решений необходимо также добавить следующие факторы:

- › объем опыта на проектах конкретного типа зданий, а также уровень сложности проекта;
- › производственные мощности под масштаб и график конкретного проекта;
- › уровень доступности ресурсов;
- › расположение фабрики по отношению к площадке строительства (большинство производителей осуществляют доставку в радиусе 350–500 миль (550-800 км)).

Выбранный производитель модулей должен иметь все соответствующие разрешения, необходимые в соответствии с законами штата, где будет расположен объект строительства. В зависимости от расположения объекта и зоны ответственности от производителя модулей также может потребоваться лицензия генерального подрядчика, проектировщика внутренних инженерных систем и проектировщика строительных конструкций.

Как правило, наилучший эффект достигается, когда производитель модулей выступает в качестве субподрядчика, выполняющего производственные работы по техническому заданию, чем подрядчика по проектированию. Это позволяет избежать проблем, связанных с ответственностью за качество изделия и с требованиями Единого коммерческого кодекса, куда входят правила, касающиеся продажи товаров, которые обычно не применяются к строительству зданий.

В определении объема работ производителя модулей можно использовать три распространенных подхода, применяемых в модульном строительстве.

1. Производитель модулей выступает в роли субподрядчика и передает завершённые модули генеральному подрядчику, ответственному за реализацию проекта на площадке.
2. Производитель модулей выступает в роли субподрядчика, который также выполняет монтаж завершённых модулей, но более ни за что не отвечает.
3. Производитель модулей выступает в роли генерального подрядчика, ответственного за весь проект как за пределами площадки, так и на площадке.

Координация проекта

Успех технологии модульного строительства зависит от того, насколько эффективно происходит обмен информацией между участниками проекта, в особенности между группой проектирования, производителем модулей и руководством строительно-монтажных работ на площадке.

До начала проектирования важно четко определить обязанности и объем работ каждого участника проектной группы. Проектная группа должна разработать подробный документ, в котором будет зафиксирована эта информация, обеспечивая учет всех затрат на этапе определения цены и снижение риска пропусков и дублирования затрат. В модульном строительстве особенно важно разграничить работы, которые выполняются вне площадки, и те работы, которые будут выполняться на площадке, а также определить, кому и в какой момент «принадлежит» модуль. Скачать пример контрольного списка объемов работ можно [здесь](#).

Кроме того, строительные допуски и информация по соединениям модулей, изготовленных на фабрике, с элементами, построенными на площадке, являются очень важными данными, которые необходимо передать всем членам проектной группы. Также необходимо как можно раньше тщательно распланировать и передать всем участникам последовательность выполнения работ. Когда речь заходит о максимальной выгоде от модульного строительства, время решает все. Эффективность графика, предлагаемая данным подходом, может снизиться вплоть до полного исчезновения, если весь процесс — от эскизного проекта и до самого конца — не будет хорошо организован. Подробный календарный график со сроками завершения промежуточных этапов необходимо довести до сведения всех членов группы; он подлежит регулярному контролю.

Необходимо понимать, что в случаях, когда проектная группа берет на себя задачу по управлению координацией и определению последовательности работ, характерных для процесса проектирования и строительства модульных зданий, обязанности должны быть также расширены в сравнении с тем, что обычно требуется от архитектурного подрядчика на традиционном проекте.

Иллюстрация 4.**ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО УЧЕСТЬ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ	>	Помогает ли изготовление вне площадки достичь целей проекта в части затрат, времени, трудоемкости, обеспечения работ на площадке и систематичности?
ПД	>	Осуществлялось ли в ходе разработки проекта взаимодействие со всеми участниками в части изготовления в цеху, транспортировки, монтажа и демонтажа?
РАЗРАБОТКА	>	Разрабатывался ли проект с четкой разбивкой работ на те, которые выполняются на площадке и те, которые выполняются вне площадки?
РД	>	Участвовала ли проектная группа, генеральный подрядчик, производитель и монтажная организация в разработке детализированных чертежей?
ЗАКАЗ	>	Уменьшилось ли количество изменений; были ли заказы размещены в кратчайшие сроки с целью сокращения расходов?
ИЗГОТОВЛЕНИЕ	>	Процесс изготовления предусматривает создание прототипов и сокращение сроков при взаимодействии с проектной группой?
ДОСТАВКА	>	Своевременно ли выполняется доставка на площадку; сведены ли к минимуму операции по погрузке и доставке?
СБОРКА	>	Разработаны ли операции по сборке совместно всеми участниками как непрерывные процессы, которые обеспечивают соблюдение требований по безопасности, качеству, срокам и затратам?

ТИМ (BIM)

Такие средства информационного моделирования зданий (BIM) как Revit, могут значительно облегчить координирование процессов проектирования, изготовления и монтажа.

Например, BIM можно использовать для планирования последовательности работ, чтобы обеспечить соблюдение строительных допусков, а функции определения накладок, заложенные в программах BIM, помогают избежать нестыковок на линиях сопряжения.

BIM также обеспечивает повышенную гибкость проекта, позволяя создавать надежные, основанные на данных виртуальные прототипы. Консолидируя проектную информацию, BIM может также поддерживать эффективность, сводя к минимуму необходимость в обмене данными между различными программами управления проектированием, изготовлением и строительством, обеспечивая визуализацию процесса монтажа на площадке. Однако, очень важно, чтобы проектная группа четко определила стандарты BIM, которых должны придерживаться все участники, чтобы избежать ошибок, способных нарушить график работ.

Интегрированный процесс

Как отмечалось ранее, принципы проектирования под изготовление и монтаж, где упор делается на комплексное понимание метода, можно использовать для объяснения принципа работы процесса модульного проектирования. В основном при проектировании модульного здания архитекторы должны разработать не только проект конструкции, но и ее элементов; они также должны хорошо знать процесс изготовления, транспортировки и соединения модулей. Проект отдельных модулей может зависеть от требований процессов изготовления и монтажа, в то же время параметры проекта диктуют метод идеальной реализации этих процессов. Например, проектировщики должны решить, как механизмы соединения с другими модулями будут интегрированы в каждый модуль.

При проектировании для модульного строительства проектная группа должна рассматривать здание как систему из отдельных компонентов. Такая точка зрения может открыть для них более широкую перспективу возможностей реализации модульного подхода. В результате процесс проектирования будет более последовательным и менее линейным. Оптимальный вариант — это встраивание модульной концепции во все этапы проекта (то есть ее реализация должна происходить не только на этапе строительства).

Вопросы проектирования на начальном этапе

Основные вопросы модульного строительства должны решаться на начальном этапе процесса проектирования в качестве руководящего принципа, так как некоторые из них могут накладывать ограничения на разработку проекта.

Геометрически проект составных модульных компонентов (а в конечном итоге и все здание в целом) также зависят от ограничений, связанных с транспортировкой в части габаритов и формы модулей. Более того, схема разделения здания на модули влияет на внутреннюю компоновку и планировку этажей.

Программы параметрического проектирования позволяют разработать несколько вариантов проектных решений стандартного модуля при строительстве в рамках ограничений, определяемых процессом изготовления конструкций.

Проектировщики могут также рассмотреть возможность взаимодействия с производителем модулей для строительства прототипов или макетов компонентов или целых модулей в целях оценки технологичности конструкции и эффективности различных проектных решений. Кроме того, необходимо сверять любые специальные узлы и компоненты с производителем модулей на ранних стадиях, чтобы определить, могут ли они практически применяться в проекте, и если нет, то определить альтернативные конструкторские решения.

Соединения

Чтобы обеспечить простоту монтажа и возможного демонтажа, проектная группа должна тщательно рассмотреть не только способ соединения модулей друг с другом, но и их сопряжение с компонентами, построенными на площадке, включая фундамент здания, конструктивные элементы, лифтовые и лестничные шахты (для больших проектов).

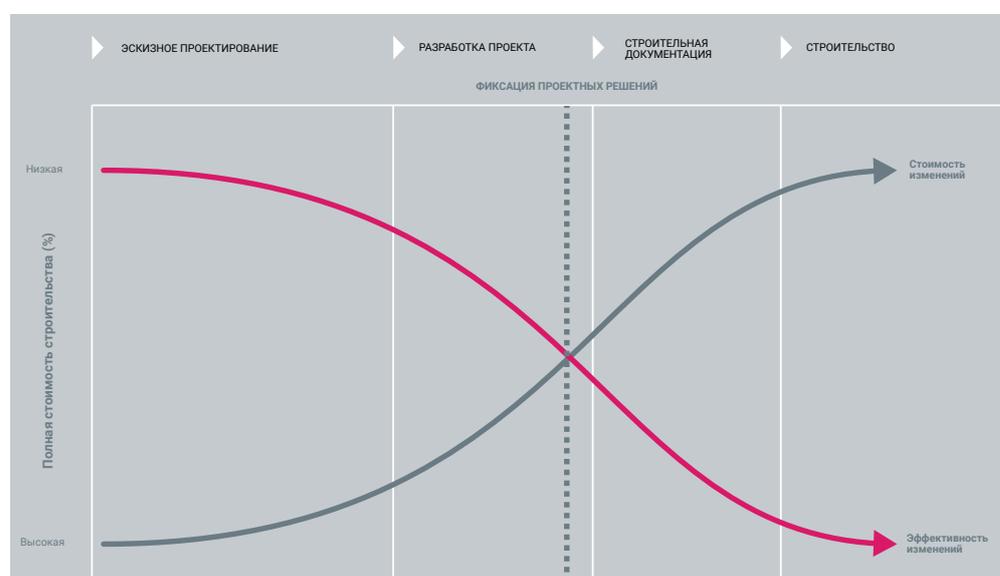
Узлы должны разрабатываться в тесном взаимодействии с производителем модулей и с руководителем строительно-монтажных работ. В частности, производитель должен выступать в качестве главного участника процесса разработки узлов соединений между модулями и между модулями и фундаментом. Проектировщики должны полагаться на данные производителя, чтобы разработать узлы, которые оптимизируют процесс изготовления и упростят установку модулей. Это может также включать добавление вспомогательных устройств, которые помогут рабочим на площадке определить, где в конструкции должен быть расположен каждый компонент (особенно для крупных проектов).

Кроме того, при проектировании стыков между модулями проектные группы должны отдельно учесть теплоизоляцию и исключить возможность проникновения воды. При неправильной разработке узлов соединительные пластины на внешних линиях сопряжения могут образовать мостики холода. Тщательная проработка соединения также крайне важна для обеспечения огнестойкости, так как необходимо сохранять огнестойкость на всех стыках – как между модулями, так и между модулями и фасадной системой.

С эстетической точки зрения проектировщики должны решить, каким образом будут заделываться стыки соединений изнутри и снаружи, тем самым либо подчеркнуть модульность конструкции, либо скрыв ее.

Иллюстрация 5. ЗАТРАТЫ В СРАВНЕНИИ С ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ИЗМЕНЕНИЙ ПРОЕКТА

Для модульного строительства особенно важно принимать решения на ранних этапах для координации между участниками проекта и для сокращения затрат.



Проектирование под демонтаж

В проекте модульных конструкций можно предусмотреть демонтаж – либо для достижения экоустойчивости, либо для соблюдения требований проекта в контексте будущего перемещения или смены назначения. Это, как правило, предполагает более высокую степень упрощенности и повторяемости отдельных компонентов, а также возможность доступа к соединениям. В модульном строительстве проектирование под демонтаж также подразумевает максимальное увеличение доли компонентов, изготовленных вне площадки. Здание, изготовленное на 90 процентов на заводе, будет в основном состоять из более характерных модульных компонентов, которые будет проще демонтировать, чем здание, изготовленное на 50 процентов на заводе и на 50 процентов на площадке. Последнее, скорее всего, будет состоять из меньшего количества модульных компонентов и, таким образом, потребует большего объема работ по сносу (более подробную информацию см. в «Практическом руководстве AIA по проектированию для целей адаптации, демонтажа и повторного применения»).

Чтобы проектные решения для демонтажа были эффективными, они должны быть очевидны и понятны для тех, кто в будущем будет отвечать за демонтаж здания. Проектировщики должны подготовить документацию о методе монтажа и демонтажа здания.

Унификация

Сразу после окончательной разработки проекта здания производитель модулей с проектировщиками должны совместно создать схематический план модулей, то есть план того, каким образом здание будет разделено на составные модули.

В идеальном варианте на схематическом плане модулей их габариты должны быть максимально возможными. Это позволит сократить общее количество модулей, которые нужно будет изготовить, перевезти и смонтировать. Максимальные габариты модулей будут зависеть от применимых регламентов по транспортировке, которые варьируются от региона к региону. Обычно модули имеют ширину от 12 до 14 футов (от 3,7 до 4,3 м), длину от 50 до 60 футов (от 15,2 до 18,3 м) и высоту от 11,5 до 13 футов (от 3,5 до 4 м).

При разделении здания на модули важно убедиться в отсутствии нестыковок на линиях сопряжения. В некоторых случаях может понадобиться внести небольшие корректировки в планы этажей, если есть нестыковка между элементами, при этом необходимо сохранить унификацию компонентов, которая позволяет повысить эффективность модульной технологии.

Как правило инженеры-конструкторы из компании-производителя модулей отвечают за разработку мест строповки для подъема краном и установки, которые должны быть учтены при изготовлении каждого модуля. После завершения разработки схематического плана модулей и определения нагрузок и точек их приложения, он будет использоваться для проектирования фундамента.

Фиксация проектных решений

При использовании метода модульного строительства важно добиться фиксации проектных решений, поскольку изменения в проекте на поздних этапах процесса могут дорого обойтись. В отличие от процессов традиционного строительства, которые выполняются более последовательно и позволяют относительно легко вносить изменения в проект, в модульном строительстве многие работы выполняются одновременно, оставляя мало времени в графике для внесения изменений.

» Изготовление

После завершения проекта необходимо заказать материалы в соответствии с производственным графиком. Проектные группы должны координировать свою работу с производителем модулей, чтобы обеспечить заблаговременное размещение заказов на изделия и материалы с длительными сроками поставки во избежание возможных задержек.

Подготовка строительной площадки

Как обсуждалось ранее, основное преимущество модульного строительства заключается в возможности изготовления компонентов здания одновременно с производством работ на строительной площадке. После начала изготовления и работ на площадке руководитель проекта должен постоянно поддерживать связь с производителем модулей и руководителем строительно-монтажных работ, чтобы обеспечить полное координирование параллельных процессов и их синхронное выполнение согласно графику.

Практический пример



Проект: The Graphic

Архитектор: Icon Architecture Inc.

Изготовление вне площадки и транспортировка: RCM Group / RCM Modulaire

Монтаж на строительной площадке: Tocci Building Corporation

Площадь: 136 000 квадратных футов (12 635 квадратных метров)

Местоположение: Чарлстаун, Массачусетс

Окончание строительства: 2019 г.

Продолжительность: выполняется

Метод реализации: под ответственность руководства строительством с помощью проектировщика

Назначение: жилое здание

The Graphic представляет собой многоквартирный жилой комплекс из двух зданий, предполагающий адаптивное повторное использование трехэтажного здания площадью 40 000 квадратных футов (3716 кв. м) и нового модульного пятиэтажного здания площадью 136 000 квадратных футов (12 635 кв. м). Будучи самым большим модульным проектом в районе Бостона, новое здание имеет четыре этажа жилых модулей с деревянным каркасом на стальном и бетонном стилобате.

Модульный подход был выбран прежде всего для сокращения сроков. По оценке проектной группы проект будет завершен на четыре или пять месяцев раньше, чем если бы использовался традиционный метод строительства.

Новое здание будет включать 125 квартир; при его строительстве будет использовано 128 объемных модулей. Многие модули были запроектированы таким образом, что они вмещали саму квартиру, часть коридора и часть квартиры с другой стороны коридора. Гипсокартонные перегородки, грунтовочная краска, шкафчики, освещение, душевые, напольная плитка и проводка инженерных систем компонентов были установлены на заводе.

Как и обычно на строительных проектах с изготовлением модулей, многие решения должны были быть приняты на гораздо более ранних этапах проекта в сравнении с традиционным строительством на площадке. Производитель модулей и подрядчик были вовлечены в процесс на этапе эскизного проектирования, чтобы обеспечить помощь в проектировании детальных элементов, таких как напольно-потолочная конструкция, проводка инженерных коммуникаций и противопожарной защиты по зданию, а также разработать рекомендации по месту установки крана и последовательности монтажа. Владелец и проектная группа регулярно посещали фабрику в процессе изготовления модулей и смогли внести несколько мелких изменений в детали интерьера до начала массового производства. Широкомасштабное применение роботизированной технологии дополнительно повысило точность, качество и эффективность процесса изготовления, сократив при этом трудозатраты.

ССЫЛКИ

[ICON Architecture: The Graphic](#)

[Tocci: The Graphic](#)

[BLDUP: конкретный пример, The Graphic](#)

Поскольку расположение проекта в городской застройке не позволяло хранить модули на площадке, требовались складские площади за ее пределами. Для хранения модулей в очередности монтажа использовалась складская площадка, расположенная в миле от строительной площадки, что обеспечило быструю доставку в процессе крановых работ и соединения модулей, бесперебойность которого обеспечивалась использованием трехмерного координирования, а также подробным и четко составленным планом последовательности работ.

Транспортировка, складирование, монтаж

В идеальном варианте, для получения максимальной выгоды от модульного строительства необходимо реализовать график доставки модулей по типу «точно в срок» (JIT), чтобы сократить потребность в хранении завершенных модулей на площадке. Однако, очень часто из-за неизбежной неточности транспортировки ввиду таких факторов как выдача разрешений и транспортный поток, график JIT может стать нецелесообразным. В таких ситуациях потребуется складская площадка, которая сможет вместить определенное количество модулей, что позволит выполнять разгрузку непрерывно.

График доставки необходимо тщательно выверять и корректировать в соответствии с прогрессом процесса монтажа. В зависимости от масштабов проекта может понадобиться ускорить процесс изготовления или увеличить масштабы производства, чтобы не отставать от темпа монтажа модулей. Для небольших проектов это не будет проблемой, но на более крупных средне- и многоэтажных проектах — особенно на проектах в плотной городской застройке с ограниченной площадью складирования — важно сбалансировать изготовление, транспортировку и монтаж модулей так, чтобы не тратить время на ожидание модулей с производственной фабрики, и не скапливать на площадке модули, ожидающие монтажа.

Поскольку регламенты по транспортировке варьируются в зависимости от местоположения, и связанные с этим вопросы решаются в зависимости от законодательства штата, если модули изготавливаются в штате, отличном от того, где находится площадка проекта, необходимо будет обеспечить соответствие нескольким разным нормам. Кроме того, некоторые ограничения строительной площадки, например, доступные площади для складирования модулей, также повлияют на темпы отгрузки модулей. Если на площадке достаточно места, можно хранить много модулей одновременно; если пространство ограничено, может понадобиться поднимать и монтировать модули непосредственно «с колес».

Сразу после установки модулей они соединяются вместе, а затем закрепляются к фундаменту. Затем закрепляется облицовка; это происходит путем установки заполняющей обшивки на всех линиях сопряжения и, в зависимости от уровня завершенности вне площадки, вторичной гидро- и пароизоляции, а также наружной облицовки (где необходимо). Это может быть важно для тепловых характеристик здания, особенно в холодном климате.

» Эволюция технологии

Такие организации, как Институт модульного строительства, прогнозируют значительный рост популярности модульного и прочих методов строительства вне площадки в ближайшие годы — хотя бы по причине продолжающейся нехватки рабочей силы, так как большое количество квалифицированных строительных рабочих выходит на пенсию, а на замену им приходит недостаточное количество специалистов. Кроме того, так как основные промышленные отрасли теперь переходят на более технологичные и автоматизированные процессы, та же тенденция в строительной отрасли кажется неизбежной. В частности, скорее всего произойдет переход на такие методы, как модульное строительство. Тот факт, что некоторые крупные генеральные подрядчики недавно создали подразделения модульного строительства, в то время как другие начали сотрудничество с существующими производителями модулей, показывает, что данная трансформация уже началась.

Тем временем регулярно появляются новые инструменты и стратегии, стимулирующие непрерывную эволюцию в том, как мы проектируем и строим здания. Такие технологии, как робототехника, датчики, облачные вычисления и виртуальная реальность, позволяют проектным группам преследовать все более амбициозные и сложные цели. Строительные проекты становятся все более сложными, требуют более высокого уровня специализации в отрасли. Однако на смену традиционно существовавшим в сфере проектирования и строительства разрозненным структурам приходят более интегрированные и междисциплинарные методы работы. По мере того, как модели «проект/строительство» и IPD становятся все более распространенными, дополнительно стимулируя новаторство, они могут привести к преобразованным видам практик, как, например, моделям типа «строитель-подрядчик» продиктованными проектными решениями, управляемыми строительством.

› ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

Более подробную информацию по модульному проектированию и строительству см. в указанных ниже источниках.

- › [Национальный институт строительных технологий — источники Совета по модульному строительству](#)
- › [Галерея модульных проектов](#)
- › [Институт модульного строительства](#)
- › [Отчет МВІ по капитальному модульному строительству за 2018 год](#)
- › [Модульная архитектура: справочник по модульному проектированию и строительству](#)
- › [Справочник по архитектурному проектированию в модульном строительстве](#)
- › [Модульная архитектура: строительство будущего](#)
- › [Сборные дома и будущее строительства: изделие для обработки](#)

» БЛАГОДАРНОСТИ

Данное издание подготовлено Джеймсом Уилсоном из компании BuildingGreen, Inc.

ОСОБАЯ БЛАГОДАРНОСТЬ

Рецензенты и докладчики

Лэйн Бьюхер, FAIA, FCSI, NCARB, младш. сотрудник DBIA, LEED BD+C, GGP
Сью Клоуанс
Лори Роберт, LEED AP BD+C
Сальваторе Веррастро, AIA, FCSI, CCS, CCCA, NCARB
Кевин Миллер, AIA
Стивен Хейген, FAIA
Джим Бедрик, FAIA, LEED AP
Питер Нун, AIA
Дж. Бредли Гай, младш. сотрудник AIA, LEED AP BD+C
Райан И. Смит
Том Хардимен, CAE
Ричард Фетц, AIA
Джон Баррот, P. E.

Персонал Национального института строительных технологий

Райан М. Колкер, доктор юриспруденции, CAE

Персонал Американского института архитекторов

Паола Капо, младш. сотрудник LEED Green
Мелисса Уэкерли, LEED AP BD+C, ND
Майкл Бомба, эсквайр
Кен Коблей

ГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

220 Terminal Ave

Город Ванкувер

461 Dean Street

SHoP Architects

Carmel Place

Иван Баан

Пабло Энрикес

Лаборатория Гарвардского университета Pagliuca Life Lab

Говардская школа предпринимательства

Miami Valley

Мэттью Карбоун

Бенджамин Беншнайдер

The Graphic

Кендра Халлиуелл AIA LEED AP, ICON Architecture Inc.

Иллюстрация 2

Иван Рупник, Северо-Восточный Университет

Иллюстрация 4

Райан И. Смит, Университет штата Вашингтон



АССОЦИАЦИЯ РАЗВИТИЯ
СТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

+7 (495) 744-02-63

info@steel-development.ru

www.steel-development.ru