



Д. Б. ВЕРЕТЕННИКОВ

ТЕХНОЛОГИИ ПЛАНИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА
ВЫСОТНЫХ КОМПЛЕКСОВ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ
РАЗВИТИЯ «ВЕРТИКАЛЬНОГО ГОРОДА»

TECHNOLOGIES OF PLANNING AND CONSTRUCTION OF HIGH-RISE COMPLEXES
WITHIN THE CONCEPT OF DEVELOPMENT OF «VERTICAL CITY»

Рассмотрены некоторые из основных современных технологий, применяемых в проектировании и строительстве высотных зданий, которые имеют потенциал для развития концепции «вертикального города». Обращено внимание на инновационность в проектировании высотных зданий и вклад в устойчивое развитие их комплексов. Говорится, что благодаря применению современных проектных и строительных технологий в планировании, проектировании и строительстве «вертикальных городов» становится возможной реализация идеи постоянной вертикальной трансформации города и способность его адаптации в ответ на городские преобразования. Обращается внимание на то, что проектирование и строительство небоскребов неизбежно ведет к совершенствованию и развитию соответствующих технологий и компетенций. Сделан вывод о том, что в результате совершенствования строительных технологий, в будущем города будут способны производить более обширный спектр услуг как над поверхностью, так и в урбанизированном подземелье.

Ключевые слова: высотное строительство, многофункциональный комплекс, проектирование и строительство, роботизированный дизайн, открытое строительство, модульное строительство, автоматизация, информационное моделирование

Высотное строительство активно развивается, а вектор его развития направлен на поиск новой типологии небоскребов для формирования комфортной городской среды. Искомая типология высотных зданий направлена на решение таких проблем современности, как стремитель-

The article discusses some of the main modern technologies used in the design and construction of high-rise buildings, which have the potential to develop the concept of a “vertical city”. Attention is drawn to innovativeness in the design of high-rise buildings and the contribution to the sustainable development of their complexes. It is said that thanks to the use of modern design and construction technologies in the planning, design and construction of “vertical cities”, it becomes possible to implement the idea of continuous vertical transformation of the city and the ability to adapt it in response to urban transformations. Attention is drawn to the fact that the design and construction of skyscrapers inevitably leads to the improvement and development of relevant technologies and competencies. It is concluded that as a result of improving building technologies, in the future cities will be able to produce a wider range of services both above the surface and in an urbanized underground.

Keywords: high-rise construction, multifunctional complex, design and construction, robotic design, open construction, modular construction, automation, information modeling

ный рост численности населения, интенсивная урбанизация, рост городских территорий, социальные, политические и экономические трансформации в обществе, изменение климата и деградация окружающей природной среды. Перечисленные проблемы вызывают тревогу

у специалистов в разных областях знаний (архитектура, градостроительство, экономика, социология города, городская антропология, др.) [1]. В последнее время всё чаще ведётся разговор о необходимости пространственной концентрации городской среды по вертикали – «вертикальном урбанизме» («вертикальном городе»), когда «пространственный каркас» города получает новую систему ориентации и отсчета. Происходит формирование города по вертикали, что обеспечивает снижение потребления земельных ресурсов по сравнению с горизонтально рассредоточенным городом.

Современная инновационная концепция строительства «вертикального города» основана на поиске и использовании новых типов высотных зданий, обеспечивающих высокую плотность застройки. Для того чтобы высотные здания стали эффективным средством повышения плотности городской среды, они должны отвечать целому ряду критериев. Ключевыми критериями являются: многофункциональность, повышение качества и уровня жизни горожан; развитие по вертикали городских пространств, традиционно привязанных к наземному уровню, таких как транспортные узлы, пешеходные связи, рекреационные пространства, озеленение и др.; экологичность; энергоэффективность; продвижение технических инноваций.

Современный комплекс высотных зданий должен восприниматься как ориентированное по вертикали продолжение города с его основными функциями. Городские функции – это различные виды деятельности на городской территории: жилье, здравоохранение, торговля различных иерархических уровней и специализации, образование, спорт, культурный досуг, отдых, развлечения и т. д. Основой для формирования и концентрации перечисленных видов деятельности служат городские улицы и площади. Они предназначены для транспортного и пешеходного движения, социальной коммуникации, поверхностного отвода атмосферных вод, прокладки подземных инженерных сетей, аэрации городской территории.

В этой связи большой интерес представляет изучение вопроса о том, как должно происходить формирование «вертикальной городской улицы». Необходим системный анализ для структурирования и выявления особенностей формирования её типологической структуры. Остро встают вопросы, связанные с развитием новых систем вертикального транспорта, разнообразием функциональной нагрузки вертикальных коммуникаций, вариантностью развития сценариев социального взаимодействия, степенью доступности различных элементов общественного обслуживания, безопасностью,

разработкой новаторских конструктивных и технологических решений. Важным фактором является соответствие функциональной структуры и объёмно-планировочного решения местным природно-климатическим условиями, культурным традициям и экономике.

Многофункциональным зданиям отдается предпочтение как наиболее востребованной и перспективной форме застройки, значительно повышающей эффективность использования территории. При этом следует отметить, что многофункциональные высотные башни, насыщенные большим количеством функций, имеют сложно организованную систему вертикальных коммуникаций, что неизбежно отражается на планировочной структуре ядра здания и на поэтажной полезной площади.

Для реализации концепции «вертикального города» требуется интегрированная структура управления проектами, которая обеспечивает непрерывный сбор, обработку и распространение данных в реальном времени. Кроме этого, предполагаемая структура должна охватывать этапы проектирования, производства, логистики, сборки на площадке строительства и управления жизненным циклом высотных зданий. Для управления столь разнородными процессами с огромным банком данных недостаточно объектно-ориентированных технологий. При внедрении перспективных технологий автоматизации и роботизированного производства в процесс высотного строительства требуются интерактивные, проактивные, гибкие версии, во многом основанные на принципах искусственного интеллекта. Рассмотрим некоторые из них.

1. Роботизированный дизайн

Основываясь на совокупном сорокалетнем опыте, термин STCR был впервые определен Боком и Линнером в 2016 г. [2], которые разделили роботов на подкатегории по типологии, механическим конфигурациям и категориям задач. Single-Task Construction Robots – однозадачные строительные роботы. Первоначальный бум STCR возник в японской строительной отрасли в 1970-х гг. Тенденция перешла в 1980-х гг. к интегрированным фабрикам на стройплощадках [3], однако глобальный интерес начал снижаться, когда практическое применение выявило незрелость систем.

С середины 2010-х гг. значительные достижения в области робототехники привели к возрождению интереса к STCR. Сегодня во многих регионах мира зрелая инфраструктура производства компонентов роботов и сети компаний могут управлять системной интеграцией для

проектирования мест и отраслевых производственных решений. Кроме того, информационные инфраструктуры, например BIM с интеграцией знаний о производстве и механической обработке, в настоящее время развились настолько, чтобы служить в качестве интегрирующей основы, что позволяет координировать роботов на месте с другими удаленными системами. Дополнительными благоприятствующими условиями является более широкое использование сборных конструкций и достижения в области материаловедения. В 1988 г. Бок первым инициировал концепцию роботизированного дизайна (ROD), которая подчеркивала идею, что все параметры здания или комплекса должны быть учтены еще на этапе раннего проектирования и этапе производства. Конструкция здания, инженерные компоненты, метод сборки, выбор оборудования должны быть определены четко геометрически и физически для автоматизации строительства. Томас Бок определил ряд необходимых требова-

ний для успешного внедрения робототехники в строительство (рис. 1, 2) [4–6].

Модульность является одним из главных принципов при использовании STCR. Цифровая инфраструктура позволяет интегрировать STCR в цифровой двойник строительной площадки, упрощая общее планирование, планирование операций, программирование движения и другие процессы. Цифровые съемки могут предоставить информацию о геометрии окружающего городского пространства и материальном составе среды, с которыми STCR взаимодействует. Программные алгоритмы могут обрабатывать колоссальные данные для достижения пространственного распознавания. Технология STCR может работать даже с небольшим количеством доступных данных. Например для робота СИС введение технологии BIM в качестве отраслевого стандарта открывает возможность их взаимодействия [7]. Также технология BIM может служить основой для интегрированной сервисной платформы (ISP) для STCR.

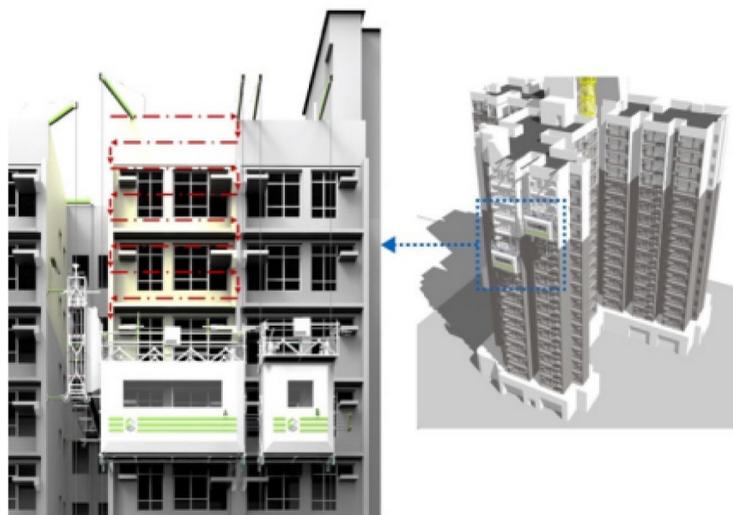


Рис. 1. Робот СИС для обработки фасадов

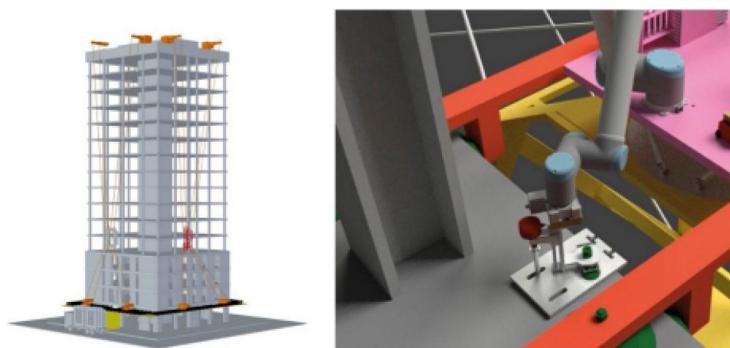


Рис. 2. Робот для установки панелей с тросовым приводом

2. Концепция открытого строительства

Открытое строительство (Open Building) – это междисциплинарный подход к проектированию здания с учетом возможной необходимости изменить или адаптировать здание в течение его жизненного цикла в связи с социальными, экономическими и технологическими изменениями.

Open Building – это многогранная концепция с техническими, организационными и финансовыми решениями для искусственной среды, которая может адаптироваться к меняющимся потребностям. Открытое строительство получило широкое признание как междисциплинарная методология, применяемая в проектировании гражданских зданий и промышленном строительстве. Эта методология поддерживает адаптируемость зданий в соответствии с различными требованиями, так как, будучи важным системным подходом к проектированию и строительству, обеспечивает адаптивность с точки зрения комбинирования строительных компонентов таким образом, чтобы обеспечить оптимальную свободу планировки и последующих трансформаций объекта.

Концепция иерархии уровней является центральной идеей Open Building. Различают три уровня иерархии: «ткань», «опора» (каркас) и «заполнение». Они разделены технологически, но координируются между собой. Более высокие уровни служат обстановкой и контекстом, в котором действуют более низкие уровни. Таким образом, более высокие уровни доминируют над более низкими уровнями, в то время как более низкие уровни, в свою очередь, зависят от структур более высокого уровня. Проектные профессии, со своей стороны, развивались естественным образом в соответ-

ствии с различием уровней (градостроители, архитекторы и дизайнеры интерьеров), каждая из которых работает на своем, четко определенном уровне (рис. 3) [7]. В системе здания идея уровней основана на разделении контроля между каркасом («опорой»), которая не может быть предметом принятия решений отдельным пользователем, и заполнением, которое контролируется отдельным обитателем. Изменения зависят от производства заполнения и принятых при этом решений.

Анализ мощностей – это требовательная практика, лежащая в основе проектирования в Open Building. Вместимость определяется как измеряемое качество базового здания, позволяющее приспособить дальнейшие вариации плана этажа и использовать его в рамках планировочных ограничений данного базового здания [8, 9]. Анализ пропускной способности конкретного здания или градостроительного комплекса характеризует степень свободы технологии Open Building, предлагаемую более высоким уровнем для более низкого уровня. Размеры, положения и интерфейсы более низкого уровня должны быть задействованы в процессе анализа для определения характеристик более высокого уровня. Изучение типов жилых единиц, жилых площадей, образа жизни и демографических условий является основой анализа потенциала города, района или квартала.

3. Модульное строительство

Модульное строительство – это 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 эффек-

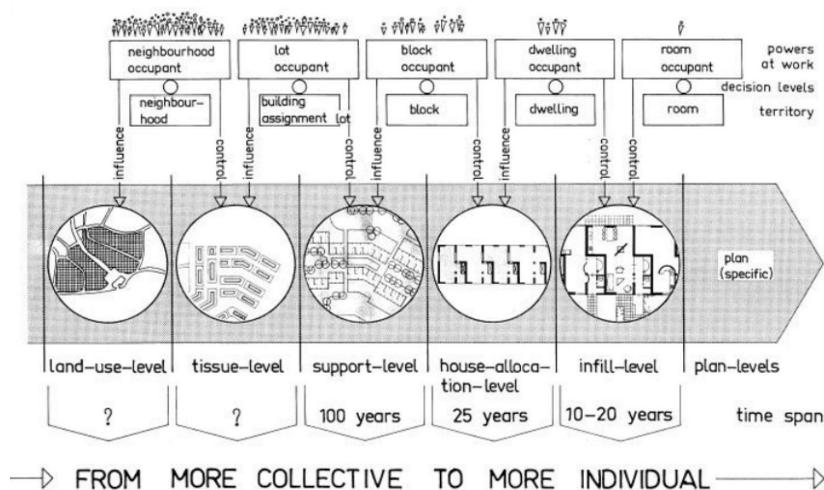


Рис. 3. Принцип уровней по С. Кендаллу

тивности строительства за счет интеграции процессов и технологий проектирования, производства и строительства без ущерба для архитектурной выразительности.

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 сборочные элементы здания, которые затем собираются на площадке (рис. 4) [10].

Модульные объекты могут представлять собой комбинацию объемных и плоскостных элементов; при этом в зависимости от конкретных требований проекта, графика строительства и условий площадки могут использоваться различные комбинации методов строительства на площадке и вне площадки. Общая продолжительность работ и трудозатраты для плоскостных модульных конструкций будут значительно ниже, чем при традиционном строительстве на площадке.

При возведении зданий в Советском Союзе и социалистическом блоке в период 1960–1980-х гг. самым важным фактором была скорость, поэтому здания проектировались примитивных форм в плане от 5 до 9 этажей и не имели отличий от крупнопанельной системы (КПД) (рис. 5) [11]. Между тем одним из выдающихся примеров модульного строитель-

ства в мире является жилой комплекс архитектора Моше Сафди «Хабитат 67» (рис. 6, 7) [12] в Монреале (Канада), который сегодня является памятником архитектуры, доказывая, что архитектура «модульных зданий» не ограничена в рамках прямоугольной конфигурации здания в плане и плоских фасадов.

Для модульного строительства требуется меньше пространства вокруг возводимого здания для проездов техники и складирования материалов, в результате чего строительная площадка занимает меньшую площадь. Поскольку площадочная часть процесса модульного строительства занимает меньше времени, чем традиционные процессы, а также подразумевает привлечение меньшего числа рабочих, меньшего движения транспорта и меньшего объема обработки материалов, это приводит к снижению вмешательства в жизнь близлежащих районов города.

Модульное строительство обеспечивает гибкость, которая позволяет легко адаптировать или модифицировать модульные здания под различные потребности по прошествии некоторого времени после их строительства. Непрерывное развитие в смежных областях (материаловедение, технологии изготовления конструкций, высокоэффективные методы проектирования и строительства) способствует эволюции модульного строительства, делая его все более предпочтительным для достижения целей «концепции тройного критерия» по экологическим, социальным и экономическим показателям. В проектах модульных конструкций можно предусмотреть демонтаж – либо для достижения эко-устойчивости, либо для соблюдения требований проекта в контексте будущего перемещения или смены назначения. 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,

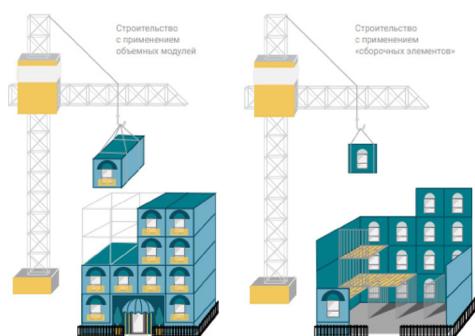


Рис. 4. Схема сборки объемных модулей и сборочных элементов

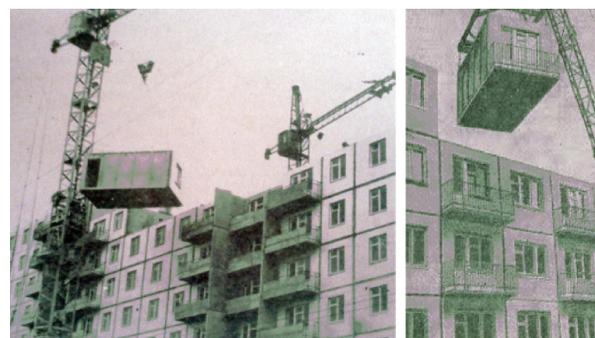


Рис. 5. Сборка модульного жилого дома в СССР

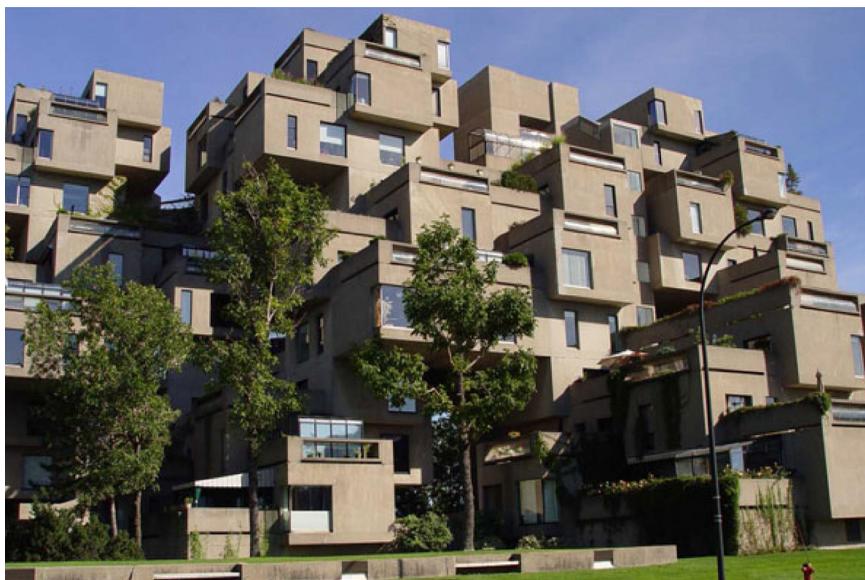


Рис. 6. Хабитат 67. Монреаль, Канада

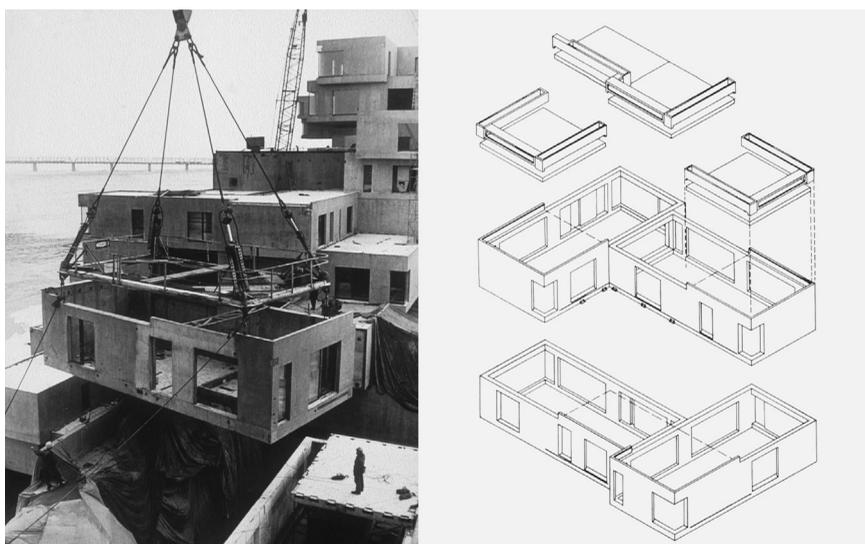


Рис. 7. Сборка жилого комплекса Хабитат 67. Монреаль, Канада

включая фундамент здания, конструктивные элементы, лифтовые и лестничные шахты (для высотных зданий и их комплексов). Тщательная проработка соединения крайне важна для обеспечения огнестойкости, так как необходимо выдерживать предел огнестойкости на всех стыках – как между модулями внутри здания, так и между модулями и фасадной системой. Примером может служить высотное здание 461 Dean Street в Бруклине, Нью-Йорк, США (рис. 8) [13].

Модульное строительство и промышленная сборка призваны сыграть значительную роль в жизненном цикле «вертикального города». Все основные части и компоненты здания изготов-

ливаются на заводе с соблюдением требований концепции открытого строительства для достижения принципа гибкости и устойчивости «вертикального города» на протяжении всего жизненного цикла градостроительного комплекса.

4. Локальная автоматизация

С конца 1980-х гг. японские градостроители начали понимать, что отдача от однозадачных роботов будет ограниченной, если не удастся автоматизировать и интегрировать большую часть строительного процесса. Поэтому они начали изучать применение производственных принципов в строительстве. В системе автоматиза-



Рис. 8. 461 Dean Street в Бруклине, Нью-Йорк, США

ции на объекте есть четыре основных элемента: завод на территории строительной площадки, автоматизированная домкратная система, автоматизированная система транспортировки материалов и централизованная информационная система управления. Большинство строительных заводов на местах используют систему доставки материалов точно в срок, детали или компоненты со штрих-кодом и компьютеризированную систему управления информацией для повышения эффективности и качества строительного процесса. Другие задачи, такие как сварка, покраска и отделка бетона, могут выполняться однозадачными строительными роботами. Кроме того, местный строительный комплекс также может быть адаптирован к процессу деконструкции (демонтажа).

Новые подходы к управлению, расширенные знания о развертывании, интеграции рабочих процессов отдельных роботизированных или автоматизированных приложений, а также цифровое программное обеспечение для управления и контроля рабочими процессами положительно влияют на интеграцию таких систем и повышают их эффективность по сравнению с системами первого поколения, развернутыми в 1980-х гг. Таким образом, разработка и развертывание STCR сегодня, во времена, когда требуется все больше и больше индивидуальности любого продукта, актуальны как никогда [3].

5. Информационное моделирование зданий

BIM – Building Information Modeling, представляет собой технологию информацион-

ного моделирования. Данная технология позволяет моделировать любые строительные объекты, включая здания, железные дороги, мосты, тоннели, порты и многое другое. Сходство BIM и 3D-моделирования заключается в том, что в обоих случаях проект здания выполняется в трехмерном пространстве. Но в отличие от 3D-модели, BIM напрямую связан с базой данных. Такая модель включает в себя не только несущие линии и текстуру материалов, но и другие данные (технологические, экономические и пр.), которые имеют отношение к зданию. Например, BIM учитывает физические характеристики объекта, варианты размещения в пространстве, стоимость каждого кирпича, плафона, трубы.

BIM позволяет представить здание как единый объект, в котором все элементы связаны и взаимозависимы. В случае если какой-то показатель системы изменится, система пересчитает остальные данные. С технологией информационного моделирования, обладая лишь исходными данными объекта без реальных свойств, возможно предсказать будущие свойства и характеристики объекта. Более того, при помощи BIM можно просчитать процессы, которые будут происходить в уже построенном объекте. Происходит это следующим образом: вся информация о здании, материалах, способе его использования, климате и других факторах переносится в цифровой формат, после чего система просчитывает возможные варианты развития событий.

BIM находится на стыке различных дисциплин. С помощью данного метода моделирования в одном проекте можно объединить всеобъемлющие данные по градостроительству,

архитектуре, дизайну, инженерным, экономическим решениям и многое другое, что в комплексе позволяет избежать ошибок, увеличить окупаемость и эффективность проекта. Данные вносятся в соответствии с установленными стандартами, являются точными и обновляются регулярно. Одно из главных преимуществ метода – сокращение времени и расходов со стороны заказчика, а также возможность исправлять и улучшать проект уже на начальных этапах его формирования.

Основным преимуществом внедрения BIM-моделирования является результат работы. Градостроительные объекты, построенные с применением BIM, отличаются хорошим качеством застройки, архитектурой, продуманной инфраструктурой, удобством и безопасностью. Также данная модель позволяет сократить время и расходы на разработку, избежать возможных ошибок при строительстве, рационально распределить человеческий и материальный ресурс. Кроме проектной визуализации и архитектурно-конструкторского этапа проработки с учетом множества составляющих, BIM-технология решает технологические и экономические задачи в будущем рабочем проекте. С ее помощью просчитывается точная смета задолго до старта реального строительства на выбранные материалы, их доставку, доставку готовых конструкций или модульных частей, а также затраты на рабочую силу или роботизированные процессы. Такие расчеты и наглядные сметы позволяют архитекторам сделать объективный выбор, учитывая бюджет и цели объекта, и искать альтернативы, чтобы снизить затраты. Это может касаться как времени закупки материалов, так и выбора экономичных материалов, а также выбора в пользу собранных готовых конструкций или наоборот, 3D-печати на месте. Можно просчитать выгоду роботизированных механизмов, применение дронов. Все задуманное в проекте благодаря оцифрованным данным и программам, умеющим анализировать и подбирать нужное согласно алгоритмам, можно увидеть в четких расчетах и, самое главное, в трехмерной модели, которая «подвижна» и меняется в зависимости от выбора тех или иных компонентов.

Вывод. Представленные технологии, применяемые в проектировании высотных зданий, обладают потенциалом развития концепции проектирования «вертикального города». Обладая инновационностью в проектировании и строительстве высотных зданий, они вносят вклад в устойчивое развитие градостроительных комплексов. Благодаря применению современных проектных и строительных технологий при планировании «вертикальных

городов» становится все более реальной технология постоянной вертикальной трансформации города и способность ее адаптации в ответ на перспективные городские преобразования. В совокупности с другими существующими градостроительными технологиями это позволит создавать комфортную жилую среду в современных мегаполисах не только на «уровне земли», но и гораздо выше или ниже, попутно решая многие из существующих проблем современных мегаполисов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Generalov V.P., Generalova E.M., Kalinkina N.A., Zhdanova I.V. Typological diversity of tall buildings and complexes in relation to their functional structure. E3S Web of Conferences. 2018. Vol.33. С. 01020.
2. Bock T., Linner T. Construction Robots: Elementary Technologies and Single-Task Construction Robots. Cambridge. Cambridge University Press. 2016. V. 3.
3. Linner T. Automated and Robotic Construction: Integrated Automated Construction Sites. Dr.Ing. Dissertation. Germany. Munich. Technical University of Munich. 2013.
4. Bock T. Study on Robot-Oriented Construction and Building System. Dr. Ing. Dissertation. Japan. Tokyo. The University of Tokyo. 1988.
5. Кендалл С. Стратегия открытого строительства для достижения автономии жилых единиц в многоквартирных домах // Жилье и общество. 2004. №31. С. 89–102.
6. Кендалл С., Тейчер Дж. Жилое открытое здание. Лондон. E & FN Spon. 2000.
7. Linner T., Pan W., Hu R., Zhao C., Iturralde K., Taghavi M., Trummer J., Schlandt M., Bock T. A technology management system for the development of single-task construction robot. Construction Innovation. V.20. no.1. pp. 96–111. doi: 10.1108/CI-06-2019-0053
8. Pan W., Ilhan B., Bock T. Process Information Modelling (PIM) Concept for Onsite Construction Management: Hong Kong Case. Periodica Polytechnica Architecture. 2018. V. 49. no. 2.
9. Внедрение открытого здания CIB W104 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.open-building.org/ob/next21.html> (дата обращения: 20.12.2022).
10. Проектирование модульных конструкций [Электронный ресурс]. URL: https://steel-development.ru/images/projects/downloads/Materials_Practice_Guide_Modular_Construction_ru.pdf (дата обращения: 20.12.2022).
11. Сборка модульного жилого дома в СССР [Электронный ресурс]. URL: http://ic.pics.livejournal.com/ostenfor/23543528/51254/51254_original.jpg (дата обращения: 20.12.2022).
12. Жилой комплекс Хабитат-67, взгляд в будущее из прошлого [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mirkrasiv.ru/articles/zhiloi-kompleks-habitat-67->

vzgljad-v-budusche-iz-proshlogo.html (дата обращения: 20.12.2022).

13. Атлантик Ярдс – жилой комплекс B2 Bklyn [Электронный ресурс]. URL: <https://archi.ru/projects/world/7471/atlantik-yards-zhiloi-kompleks-461-dean-street> (дата обращения: 20.12.2022).

REFERENCES

1. Generalov V.P., Generalova E.M., Kalinkina N.A., Zhdanova I.V. Typological diversity of tall buildings and complexes in relation to their functional structure. E3S Web of Conferences. 2018. Vol.33. C. 01020.

2. Bock T., Linner T. Construction Robots: Elementary Technologies and Single-Task Construction Robots. Cambridge. Cambridge University Press. 2016. V. 3.

3. Linner T. Automated and Robotic Construction: Integrated Automated Construction Sites. Dr.Ing. Dissertation. Germany. Munich. Technical University of Munich. 2013.

4. Bock T. Study on Robot-Oriented Construction and Building System. Dr. Ing. Dissertation. Japan. Tokyo. The University of Tokyo. 1988.

5. Kendall S. Open Construction Strategy to Achieve Residential Unit Autonomy in Apartment Buildings. *Zhil'e i obshchestvo* [Housing and society], 2004. №31. pp. 89–102. (in Russian)

6. Kendall S, Teicher J. Residential Open Building. London. E & FN Spon. 2000.

7. Linner T., Pan W., Hu R., Zhao C., Iturralde K., Taghavi M., Trummer J., Schlandt M., Bock T. A technology management system for the development of single-task construction robot. Construction Innovation. V.20. no.1. pp. 96–111. DOI: 10.1108/CI-06-2019-0053

8. Pan W., Ilhan B., Bock T. Process Information Modelling (PIM) Concept for Onsite Construction Management: Hong Kong Case. Periodica Polytechnica Architecture. 2018. V. 49. no. 2.

9. Implementation of the CIB W104 open building. Available at: <http://www.open-building.org/ob/next21.html> (accessed 20 December 2022).

10. Design of modular structures. Available at: https://steel-development.ru/images/projects/downloads/Materials_Practice_Guide_Modular_Construction_ru.pdf (accessed 20 December 2022).

11. Assembly of a modular residential building in the USSR. Available at: http://ic.pics.livejournal.com/ostenfor/23543528/51254/51254_original.jpg (accessed 20 December 2022).

12. Habitat-67 residential complex, a look into the future from the past. Available at: <http://www.mirkrasiv.ru/articles/zhiloi-kompleks-habitat-67-vzgljad-v-budusche-iz-proshlogo.html> (accessed 20 December 2022).

13. Atlantic Yards – B2 Bklyn housing estate. Available at: <https://archi.ru/projects/world/7471/atlantik-yards-zhiloi-kompleks-461-dean-street> (accessed 20 December 2022).

Об авторе:

ВЕРЕТЕННИКОВ Дмитрий Борисович

кандидат архитектуры, доцент, доцент кафедры градостроительства

Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: dbv3@yandex.ru

VERETENNIKOV Dmitrii B.

PhD in Architecture, Associate Professor of the Urban Planning Chair

Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, . Molodogvardeyskaya str, 244 E-mail: dbv3@yandex.ru

Для цитирования: Веретенников Д.Б. Технологии планирования и строительства высотных комплексов в рамках концепции развития «вертикального города» // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 163–171. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.22.

For citation: Veretennikov D.B. Technologies of Planning and Construction of High-Rise Complexes within the Concept of Development of «Vertical City». *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 163–171. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.22.