

СПЕЦИФИКА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ВТОРИЧНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ НА ПРИМЕРЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

А. Е. Грицук

Научный руководитель: И. М. Гарчук, к. э. н.
Брестский государственный технический университет,
Республика Беларусь, г. Брест, ул. Московская, 267
linagritsuk04@gmail.com

Цифровая трансформация предприятий строительной отрасли сосредоточена на создании наглядных и многофункциональных моделей, применимых на всех этапах строительства. С целью совершенствования протекания процессов строительные организации обращаются к передовым технологиям повышения качества управления бизнес-процессами.

Ключевые слова: BIM-технологии, цифровой двойник города, предиктивное обслуживание, бережливое строительство, всеобщее управление качества.

THE SPECIFICS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF ENTERPRISES OF THE SECONDARY SECTOR OF THE ECONOMY ON EXAMPLE OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY

A. E. Gritsuk

Scientific supervisor: I. M. Garchuk, Ph.D.
Brest state technical university,
Republic of Belarus, Brest, Moskovskaya st., 267
linagritsuk04@gmail.com

The digital transformation of construction enterprises is focused on creating visual and multifunctional models applicable to all stages of construction. In order to improve the performance of processes, construction organizations turn to advanced technologies for improving the quality of business process management.

Keywords: BIM-technology, City Information Model, Predictive Maintenance, Lean Construction, Total Quality Management.

Цифровая трансформация охватывает все этапы жизненного цикла объектов строительства: планирование, проектирование, возведение, эксплуатацию и снос. Основой цифровой трансформации отрасли являются технологии информационного моделирования, или BIM-технологии.

BIM (Building Information Model) – это объектно-ориентированная модель строительного объекта или комплекса строительных объектов, как правило, в трехмерном виде, с элементами которой связаны данные геометрических, физических и функциональных характеристик строительного объекта [1].

ВІМ сочетает в себе трехмерную визуализацию и информацию о поставщиках конкретных стройматериалов, с учетом их детального описания и количества, необходимого для оценки и проведения торгов. Компоненты ВІМ ускоряют логистические процессы, способствуют согласованности строительной документации, что приводит к снижению затрат.

ВІМ, в отличие от моделей, выполненных в программах типа AutoCAD, полезна не только на этапе постройки здания. Автоматизация уменьшает ошибки и несоответствия в процессе моделирования производительности строительства здания.

Впервые термин «информационная модель здания» в том смысле, в котором он понимается сегодня, появился в 1992 году в статье Г. А. ван Недервина и Ф. П. Толмана, а первый официальный документ в отрасли был опубликован компанией «Autodesk» в 2002 году. С 2002 года понятие «Building Information Model» начало входить в терминологию компаний-разработчиков. Вместе с выпуском в 2000 году программы для ВІМ-проектирования Revit от компании «Autodesk», которая в 1982 году создала AutoCAD, началось постепенное распространение информационного моделирования по рынку [2].

ВІМ-модель обеспечивает предельную наглядность, так как позволяет рассмотреть объект и его составляющие на различных уровнях, с любых сторон и с разной степенью детализации. ВІМ обеспечивает связь всей документации со сроками выполнения, сметами и стадиями работ, делает возможной одновременную командную работу при проектировании, что влияет на скорость выполнения работ. После сдачи объекта модель способствует рациональному управлению технологическими процессами объекта на протяжении всего срока его эксплуатации.

ВІМ связывает всех сотрудников, работающих с определенным объектом. Доступ с разных компьютеров ко всем данным об объекте делает возможным параллельную работу над моделью. Так, проектировщики, инженеры, конструкторы, дизайнеры могут видеть, на каком этапе работы находятся их коллеги. Это обеспечивает своевременность обмена информацией между различными отделами. Модель также имеет возможность перерасчета необходимых материалов после любого изменения модели.

ВІМ можно рассматривать как сам процесс построения модели, так и как саму информационную модель в совокупности со всей информацией. Информация при этом взаимосвязана, имеет геометрическую привязку, пригодна для анализа и расчетов. Создание ВІМ-модели начинается с обращения заказчика и формирования на основе запроса технического задания. Далее следует предпроект, компоновка оборудования, конструкторские работы и проектные работы. После утверждения, согласования и разработки рабочей документации модель передается в строительство. Затем модель актуализируется в течение жизненного цикла объекта и архивируется.

С точки зрения заказчиков, ВІМ-модель полезна возможностью контроля хода проектирования и строительства в режиме реального времени благодаря использованию облачных сервисов. По окончании строительства заказчик получает цифровой двойник здания, что способствует рациональной эксплуатации здания.

ВМ-модель помогает проектировщикам автоматизировать рутинные операции, за счет чего сократить время на внесение изменений в рабочую документацию и уменьшить количество ошибок при проектировании благодаря визуализации. Централизованный документооборот в облаке или на сервере упрощает коммуникацию заказчика и исполнителей.

Строители используют модель для постановки задач и сверки с календарным графиком. Внесение электронной технической документации оборудования и материалов в ВМ-модель исключает коллизии ошибочные пересечения инженерных систем между собой и с несущими конструкциями или архитектурными элементами. Имея проектную документацию без коллизий, рабочие на строительной площадке не тратят время на устранение проблем. Кроме того, документация всегда является актуальной.

ВМ также выполняет контролирующую функцию. Поскольку модель автоматически составляет смету, исключается подделка документов на закупку чрезмерного количества материалов.

При эксплуатации сооружения ВМ-модель используется как источник технической документации. Так как модель полностью соответствует возведенному объекту, она позволяет быстро находить и устранять неполадки, после чего производить текущее техническое обслуживание объекта.

Проблемой при внедрении ВМ можно считать отсутствие стандартов информационного моделирования. Из этого проистекает еще одно препятствие: заказчики плохо осведомлены о возможностях и принципах создания информационных моделей в строительстве, из-за чего техническое задание формулируется с недостаточной точностью.

Как в XX веке САПР заменили бумажные чертежи, так ВМ могут прийти на смену системам автоматизированного проектирования.

Второй компонент цифровой трансформации строительства – цифровой двойник города (City Information Model, CIM), виртуальная копия городского пространства и его систем, точная модель, которая объединяет массивы данных о городе и отражает их изменения в реальном времени, а также позволяет управлять городом в физическом мире, прогнозировать события [3].

Цифровое моделирование городов является сравнительно новым трендом, который основан на технологиях ВМ и GIS (геоинформационных систем) на основе интернета вещей и технологий оцифровки местности и городских объектов с помощью лазерного или ультразвукового сканирования.

Выделяют три типа цифровых двойников объектов [4]. Двойник-прототип (DTP, Digital Twin Prototype) является виртуальной копией реального объекта. Используется для возведения объекта и его дальнейшей эксплуатации. Такой двойник содержит данные об объекте, включая виртуальную трехмерную модель и документацию. Иными словами, двойник-прототип выступает в роли хранилища всей имеющейся информации об объекте.

Двойник-экземпляр (DTI, Digital Twin Instance) содержит данные обо всех характеристиках и эксплуатации физического объекта, включая трехмерную модель, при этом действует одновременно с оригиналом. Главным отличием двойника-экземпляра от прототипа является наличие аннотированной трехмерной модели. MBD (ModelBased Definition) – это технология проектирования, позволяющая описывать производственные данные и процессы в

цифровой форме с помощью 3D-моделей с точными геометрическими параметрами и связанными с ними атрибутами, такими как материалы, размеры, цвета, сборочные инструкции, спецификации. Аннотированные 3D-модели позволяют видеть текущее состояние объекта в чертежах и отчетах. Такая модель содержит информацию о сервисном обслуживании объекта и данные о его тестировании. Двойник-экземпляр позволяет осуществлять предиктивное обслуживание (predictive maintenance) – стратегию непрерывного мониторинга состояния оборудования при стандартных условиях эксплуатации и прогнозирования оставшегося срока его службы.

Агрегированный двойник (DTA, Digital Twin Aggregate) представляет собой вычислительную систему из цифровых двойников-экземпляров и реальных объектов, которыми можно управлять из единого центра и обмениваться данными внутри.

Оптимальной погрешностью между работой цифрового двойника и его физического прототипа считают 5 %.

Платформа цифрового двойника города состоит из трех компонентов. Первым компонентом является цифровая топографическая модель местности (ЦММ) – цифровая картографическая модель, содержащая данные о положении, характеристиках объектов местности, связях между ними и топографической поверхности, представленные в форме, доступной для обработки на ЭВМ. ЦММ может быть растровой, векторной или гибридной. Вторым компонентом являются информационные модели зданий и сооружений, выполненные при помощи BIM-технологий. Третьим компонентом являются информационные модели инженерных сетей.

Модель цифрового двойника города состоит из слоев. Слой «Сети освещения» содержит информацию обо всех ЛЭП, светильниках, а также о сроках их гарантийного обслуживания. На слое «Тепловые сети» отображаются характеристики трубопровода для каждого участка, например, протяженность, диаметр и материал, из которого изготовлены трубы. Слой «Водоканал» показывает на карте системы канализации, наружные и подземные линии водопроводной сети, а также демонстрирует участки, на которых в данный момент ведутся ремонтные работы. Кроме перечисленных слоев ЦДГ также содержит слои «Лесополосы», «Водоемы», «Сельскохозяйственные поля». В зависимости от нужд города цифровой двойник может пополняться и другими слоями.

В строительстве цифровые двойники позволяют создать модель будущего здания или целого квартала и определить, как он впишется в среду и как будут реагировать материалы в заданных климатических условиях. Цифровой двойник города позволяет проводить виртуальные испытания различных систем в неограниченном количестве, что способствует минимизации потребностей в реальных испытаниях. Двойник ускоряет реакцию аварийных служб города на чрезвычайные происшествия, поскольку модель оперативно рекомендует оптимальные решения. Предоставление информации о процессах, происходящих в городе, в единой модели ускоряет межотраслевой обмен данными. Цифровой двойник города также полезен для вступающих на должности сотрудников с целью их быстрого погружения в детали функционирования городских систем.

Исследование, проведенное Центром строительной инженерии и управления Мичиганского университета, показало, что персонал стройки тратит на ожидание задач более часа в день. Кроме того, подсчитано, что 30 % времени строители работают с инструментами и материалами, 40 % времени расходуется на подготовку к задачам, сбор оборудования и материалов, а также перемещение рабочих зон, в то время как 30 % времени тратится впустую [5]. Строительные компании ищут пути совершенствования бизнес-процессов и обращаются к технологиям повышения качества управления, в числе которых – концепция бережливого строительства (Lean Construction). Считается, что корни бережливого производства заложил еще Генри Форд, создав систему управления поточным производством.

Инструменты бережливого строительства можно разделить на две группы: оперативные и стратегические. Оперативные инструменты касаются улучшения отдельных процессов строительства. К таким инструментам относится, например, система 5С, разработанная в XX веке в Японии. Согласно этой системе, оптимизация процессов подразумевает пять шагов, первый из которых – сортировка, очистка пространства от ненужных вещей. Вторым шагом является соблюдение порядка для экономии времени на поисках необходимой информации. Содержание в чистоте рабочих мест сотрудников является третьим шагом. Далее следует стандартизация путем создания инструкций и регламентов. Пятый шаг – совершенствование, понимаемое как формирование у сотрудников дисциплины.

Второй оперативный инструмент – Pull Planning (планирование методом вытягивания), при котором все специалисты, задействованные в строительстве, начинают планировать процесс строительства с конечной точки проекта. Такой подход к планированию позволяет определить все мероприятия, необходимые для достижения результата.

Стратегические инструменты направлены на улучшения потока ценности всего проекта. К этой группе относится рассмотренное ранее BIM-проектирование, поскольку модель затрагивает всех участников строительства.

Вторым инструментом является параллельное проектирование (Concurrent Engineering) – совместная работа экспертов из различных функциональных подразделений предприятия на как можно более ранней стадии разработки продукта с целью достижения высокого качества, функциональности и технологичности за как можно более короткое время с минимальными затратами.

Поставки ЛТ (Just-In-Time, «точно вовремя») – система управления материалами в производстве, при которой компоненты с предыдущей операции (или от внешнего поставщика) доставляются именно в тот момент, когда они требуются, но не раньше. ЛТ позволяет предотвратить простои и скопление стройматериалов между этапами строительства.

Last Planner System (система «последний планировщик») представляет собой комплексную систему управления, которая предполагает вовлечение руководителей, контролирующую работу на участке, в процесс планирования этапов строительства. Система позволяет оптимизировать процесс планирования, поскольку к нему привлечены сотрудники, непосредственно в нем задействованные.

Пятый стратегический инструмент – картирование потоков создания ценности (КПСЦ). При картировании потока создания ценности составляются карты состояний, проводится анализ и составляется план работ по достижению принятых решений по устранению потерь: время цикла каждой операции, время создания ценности на каждой операции, время потерь на операциях, показатели качества, количество работающего персонала, время транспортировки, расстояние транспортировки, объем незавершенного производства (НЗП), количество и стоимость запасов материалов и готовой продукции, время исполнения заказа, эффективность потока [6]. Различают КПСЦ текущего состояния и будущего состояния. КПСЦ позволяет ускорить поток создания ценности и обеспечить его равномерность и непрерывность, а также устранить разного рода потери.

TQM (Total Quality Management – Всеобщее управление качеством) – способ ведения бизнеса, при котором повышение качества проводится непрерывно, причем работа по улучшению затрагивает как продукт, так и его производство, что способствует повышению качества продукции и сокращению непроизводительных издержек. К простым инструментам контроля качества относят контрольные карты, гистограммы, диаграмма Парето, контрольные листки, причинно-следственная диаграмма Исикавы, диаграммы рассеяния и временные ряды. Данные инструменты служат для выявления актуальных отклонений параметров продукции от запланированных и впоследствии корректировки процесса производства с целью устранения недочетов.

Наряду с BIM-технологиями, CIM и бережливым строительством в строительство внедряются автоматизация, роботизация, использование беспилотной строительной техники. Данные инструменты цифровой трансформации нацелены на повышение производительности труда, снижение уровня травматизма на строительных площадках и увеличение прибыли.

Цифровая трансформация строительной отрасли осложняется в первую очередь недостатком квалифицированных сотрудников для работы с программным обеспечением для BIM. Кроме того, цифровые технологии в строительстве не стандартизованы, что замедляет процесс их внедрения на строительных предприятиях.

Использование нескольких цифровых технологий в комплексе способно оптимизировать многие процессы в строительстве. BIM-технологии снижают процент погрешностей в проектной документации и позволяют множеству специалистов обмениваться экономически важной информацией в кратчайшие сроки. CIM способны упростить планирование городской застройки и проводить тестирование коммунальной, транспортной инфраструктуры без вмешательства в функционирование всех городских систем. Сокращение издержек и повышение качества работ является задачей концепции бережливого строительства.

Список использованных источников

1. BIM-модели. – URL: <https://albion.by/services/bim-modeli/> (дата обращения: 08.10.2024).
2. Концепция BIM-проектирования: история, преимущества, сложности внедрения. – URL: <https://habr.com/ru/companies/first/articles/714052/> (дата обращения: 08.10.2024).
3. Twin Digital Cities: помогут ли цифровые двойники управлять городами? – URL: <https://ict.moscow/news/city-digital-twins/> (дата обращения: 08.10.2024).
4. Цифровой двойник: что это, примеры, применение. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/6107e5339a79478125166eeb> (дата обращения: 08.10.2024).

5. Construction Workers Waiting at the Job Site Saps Productivity and Profits. – URL: <https://www.trekkingroup.com/construction-workers-waiting-at-the-job-site-saps-productivity-and-profits/> (дата обращения: 08.10.2024).

6. Ротер, Майк Учитесь видеть бизнес-процессы. Практика построения карт потоков создания ценности / Майк Ротер, Джон Шук // Альпина Бизнес Букс CBSD. Центр развития деловых навыков, 2005. – 132 с.

© Gritsuk A. E., 2024