

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2023.90.59.067

Цифровая трансформация строительных организаций

Москвичев Максим Андреевич

Аспирант,
Волгоградский государственный технический университет,
400005, Российская Федерация, Волгоград, пр. Ленина, 28;
e-mail: maxim.moskvi4ev@yandex.ru

Аннотация

Статья посвящена цифровой трансформации строительных организаций. В Российской Федерации цифровизация строительства находится на начальном этапе. Однако потребность в скорейшем освоении цифровых технологий осознана многими участниками отрасли и признана на государственном уровне. Большинство строительных организаций еще не освоили все возможности цифровых технологий. Переход к цифровым стандартам работы еще называют цифровой трансформацией. Строительным организациям опасно оставаться на месте в условиях конкурентной борьбы, нужно изменяться и трансформироваться. Цифровые технологии формируют новые бизнес-модели, новые рынки, новые возможности развития. В ходе исследования систематизированы основные цифровые технологии, влияющие на уровень конкурентоспособности строительных организаций. В ближайшие годы строительная отрасль может кардинально изменить свой облик благодаря внедрению IT-технологий. Строительство станет более прозрачным и понятным для всех, а значит, преимущество получают те компании, которые уже сейчас думают над своей эффективностью, снижают издержки и развивают клиентскую работу. В данном исследовании систематизированы цифровые технологии по повышению конкурентоспособности строительных организаций: цифровой двойник, интернет вещей и умные датчики, виртуальная и дополненная реальность, 3D-печать, высокотехнологичная топосъемка для строительства и георазведка, роботы и дроны в строительстве, BIM-моделирование, блокчейн.

Для цитирования в научных исследованиях

Москвичев М.А. Цифровая трансформация строительных организаций // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Том 13. № 3А. С. 294-304. DOI: 10.34670/AR.2023.90.59.067

Ключевые слова

Цифровое строительство, цифровая трансформация, цифровой двойник, BIM-моделирование, 3D-печать, блокчейн.

Введение

Необходимость повышения эффективности, безопасности и качества строительства на основе цифровизации и внедрения информационного моделирования закреплена в ряде важнейших стратегических документов Российской Федерации, в числе которых Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года, Национальный проект «Жилье и городская среда», проект Стратегии инновационного развития строительной отрасли. Имманентным условием достижения стратегических целей является разработка и реализация управленческих решений, направленных не столько на внедрение инновационных цифровых технологий, сколько на глубокую трансформацию процессов управления строительством в течение жизненного цикла объектов на основе цифровизации.

Начало внедрения технологии информационного моделирования при проведении экспертизы проектной документации было положено в момент утверждения Минстроем в 2014 году Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства [План внедрения..., www].

Основная часть

Уровень цифровизации строительства крайне низок, что является следствием множественности стейкхолдеров строительства, имеющих разнонаправленные интересы и одновременно задействованных в процессе реализации строительного инвестиционного проекта; большим количеством необходимых согласований и проверок, сопровождающихся бумажным документооборотом; длительным жизненным циклом проекта, особенно сложно поддающимся автоматизации на этапе строительства в силу наличия большого количества взаимосвязанных и последовательных работ, требующих различного оборудования и ресурсов широкой номенклатуры.

Однако следует отметить, что цифровизация строительства на сегодняшний день развивается по целому ряду направлений. Во-первых, строительные организации используют в своей производственно-хозяйственной деятельности цифровые информационные технологии при управлении практически всеми видами бизнес-процессов: внутренним документооборотом, бухгалтерским и налоговым учетом, подбором кадров, закупками, формированием сметной и договорной документации и т.д. Во-вторых, активно внедряется технология BIM, особенно при проектировании зданий и сооружений. Следует также отметить стимулирование развития технологий информационного моделирования в строительстве в рамках реализации мероприятий федерального проекта «Цифровое государственное

управление» по созданию платформы «Цифровое строительство» [Проект..., www]. В-третьих, развиваются технологии дополненной реальности, машинного обучения, интернета вещей. В-четвертых, на государственном уровне создан целый ряд информационных систем в строительстве. В-пятых, в рамках реализации государственной программы «Цифровая экономика» и национального проекта «Жилье и городская среда» реализуется проект «Умный город», имеющий целью комплексное повышение качества и эффективности городской инфраструктуры путем внедрения передовых инженерных и цифровых решений.

Внедрение цифровых технологий ведет к существенным изменениям в компании. Такие изменения, связанные с внедрением цифровых технологий, получили название цифровой

трансформации. *Цифровая трансформация* – это изменение подхода к ведению бизнеса (бизнес-модели), за счет интеграции инновационных технологий во все аспекты бизнес-деятельности, требующее внесения коренных преобразований в технологии, культуру, операции и принципы создания новых продуктов и услуг с целью обеспечения коммерческого успеха в условиях новой цифровой экономики [Байбурин, 2020].

Строительную отрасль принято считать консервативной: здесь много ручного труда, бумажной волокиты, высокие технологии внедряются медленно, а зачастую и нехотя. Еще в 2016 году аналитики McKinsey в своем отчете написали, что будущее отрасли – это цифровизация, а сейчас мы видим, как ИТ-технологии экономят строительным компаниям деньги, улучшают безопасность труда и выводят на новый уровень работу с заказчиками.

В 2022 году строители массово начнут применять BIM-модели – это требование государства для тех, кто хочет работать с госзаказом. Еще многие компании покупают 3D-принтеры по бетону, чтобы быть первыми в печати строительных конструкций. Другие уже сейчас используют дроны для осмотра стройплощадок и высотных объектов.

Цифровой двойник

Цифровой двойник обычно объединяет в себе модель процесса, системы контроля и 3D визуализацию. Такие кибер-физические системы (Cyber-physical System) предполагают физическое, математическое, геометрическое, поведенческое моделирование. С точки зрения ИТ-технологии цифровой двойник соединяет физический объект с его виртуальной копией при помощи передачи данных. Технология цифровых двойников (DT-технология) используется ведущими компаниями мира (Toyota, Siemens, Boeing, Lockheed, Airbus и т.д.), входящими в первый квартиль компаний. Например, самолет Аэробус собирается по цифровой модели. В Китае тестируют системы цифровых цехов. В ЮУрГУ с использованием суперкомпьютера, который занимает 9-е место среди стран СНГ по вычислительной мощности, были созданы цифровые модели для исследования турбины самолета, дизельного ДВС, моста автомобиля КамАЗ, кристаллизатора, бронжилета, тележки для перевозки спутников, различных расходомеров и датчиков.

DT-технология названа одной из основных технологий умного производства (Smart Manufacturing) и индустрии 4.0 (Industry 4.0). Активное использование термина «кибер-физическая система» началось в рамках проекта немецкого правительства Industry 4.0 по компьютеризации промышленности. Кибер-физические системы относятся к четвертой промышленной революции [Байбурин, 2020].

Первыми в гражданском строительстве придут к использованию ЦД объекты, где необходим повышенный класс качества: например, дома бизнес-класса, у которых будет технология умного дома. Ведь умный дом – это как раз возможность дистанционно контролировать оборудование в квартире и управлять им [Цифровое строительство, www].

Интернет вещей и умные датчики

Строительное приложение «интернет вещей в здании» (IIoT) является частью системы подключенного или умного дома (Smart House), концепция которого включает эффективное управление всеми инженерными системами в здании, системы безопасности и мониторинга (видеонаблюдение, контроль доступа, имитация присутствия, охранно-пожарная сигнализация, защита от протечек, удаленное информирование и пр.). В 2012 году компания Panasonic анонсировала производство систем управления энергией Smarthem, предназначенных для умных энергоэффективных домов. Переломный момент, когда свыше 50% трафика по сети Интернет, поступающего в дома, приходится на приборы и устройства (а не на развлечения и

общение), ожидается к 2025 году [Шваб, 2016].

Виртуальная и дополненная реальность

Виртуальная реальность (VR) – это полностью цифровой мир, как, например, компьютерная игра. В VR можно воссоздать готовое здание, строительную площадку или кабину экскаватора. Дополненная реальность (AR) – это модель, где реальность и цифровой мир смешиваются: например, при помощи специальных алгоритмов на компьютере дорисовываются еще не построенные этажи здания вместе с помещениями.

Пользователи могут использовать VR- и AR-решения как при помощи обычных компьютеров и телефонов, так и при помощи специальных очков – тогда глубина погружения будет выше, а ощущения яснее и интереснее.

Технологии VR/AR отлично подходят для решения маркетинговых задач в строительстве. Можно демонстрировать заказчикам готовую виртуальную модель здания или продавать квартиры в жилом комплексе при помощи виртуальных туров. При этом жилой комплекс еще может строиться.

Исходниками для VR-туров служат архитектурные проекты, которые пропускают через игровые движки Unity или Unreal Engine.

3D-печать

Многие строители не верили, что можно печатать бетоном и строить целые дома, но это тоже стало реальностью. Технологии 3D-печати активно внедряются в строительство.

Строительный принтер сам готовит смесь из заложенных в него компонентов и слой за слоем строит конструкции, будь то стена или перекрытие. Современные принтеры работают не только в фабричных условиях: их можно установить прямо на стройплощадке.

Процесс возведения здания идет существенно быстрее, так как бетонный раствор может приготавливаться прямо на месте, а принтер превосходит по скорости самую профессиональную бригаду строителей, к тому же он не знает отдыха и умеет работать 24 часа в сутки. Технологии 3D-печати в строительстве полностью автоматизированы, процесс исключает влияние человеческого фактора. Нет шансов, что стена «завалится» или будет промерзнуть из-за того, что где-то в кладке остались поры.

Со временем 3D-печать может изменить представления об архитектуре зданий, поскольку принтеры с легкостью выполняют закругления стен и другие сложные геометрические задачи, придавая объектам непривычные, но красивые и функциональные формы.

Технологией 3D-печати в строительстве сегодня интересуются, наверное, все крупные застройщики, а принтеры по бетону уже можно найти даже в небольших российских городах, где такие устройства используют для создания малых архитектурных форм: скамеек, урн, декоративных фигур.

Высокотехнологичная топосъемка для строительства и георазведка

Чтобы выбрать строительную площадку и исследовать почву, сейчас уже не надо бурить, брать пробы и приглашать десяток специалистов-смежников. Аэромониторинг дешевле и быстрее традиционной геодезии: беспилотник, даже с условием регулярных посадок для смены аккумуляторов, сможет облететь 40-50 гектаров за сутки.

Современные георадары позволяют неразрушающими методами выяснить состав почвы, а значит, понять места и глубину забивки свай или сделать верный расчет бетонной плиты.

Технология фотограмметрии позволяет по обычным фотографиям и данным лазерных сканеров (лидаров) создать 3D-модель поверхности в мельчайших деталях – и интегрировать ее в BIM.

Современные цифровые технологии в строительстве позволяют на самом раннем этапе, еще до появления первого экскаватора, понять, что под землей, и заложить в проект верные технические решения.

В России высокотехнологичная георазведка применяется в основном на Крайнем Севере, где актуальна проблема поиска проток в вечной мерзлоте перед началом строительства и обследования фундаментов уже существующих зданий. Например, строители заказывают исследования при помощи георадара «Лоза»: это антенна в форме ленты, которую инженер протаскивает за собой по грунту, сигнал может проникать на 300 метров вглубь.

Ученые из Национального исследовательского университета «МИЭТ» создали радиолокатор для дистанционного зондирования земли с беспилотников. Пока летающий радар умеет только видеть сквозь листву, но в планах – доработать его модулем диапазона 350–400 МГц, который позволяет заглядывать на небольшую глубину под землю.

Роботы и дроны в строительстве

Строительные роботы – это механизмы с удаленным управлением или искусственным интеллектом: в первом случае человек управляет на расстоянии, во втором робот умеет сам, без вмешательства человека, принимать решения.

Дроны в строительстве – это беспилотные летательные аппараты, разновидность роботов. В основном дроны служат для обследования и наблюдения: выполнять с их помощью какие-либо работы пока технологически сложно.



Рисунок 1 – Серийный БПЛА DJI RTK для промышленного применения

Роботы решают, пожалуй, самую важную проблему строительного сектора – нехватки рабочей силы. Роботизированный труд отлично подходит для задач, которые не требуют высокой квалификации: например, копки траншей, забивки свай, демонтажных работ.

Также роботы существенно повышают безопасность стройки, причем это не сказывается на скорости производства работ: роботы могут работать почти 24 часа в сутки.

ВМ-моделирование.

Толчком для развития ВМ (Building Information Model) в России послужила директивная постановка задачи внедрения информационных технологий в строительстве – утверждение Указом Президента РФ № 203 от 09.05.2017 г. «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы» и «Плана мероприятий по внедрению оценки экономической эффективности обоснования инвестиций и технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства». ВМ – это цифровая модель здания, которая содержит характеристики всех элементов, от несущих стен и кровли до шаровых кранов в теплоузле. В ВМ-модели можно посмотреть материалы, цены, графики производства работ, при этом модель одновременно доступна всем участникам строительства.

На сегодня многомерное ВМ-моделирование включает:

– прогнозирование и планирование процесса строительства (4D):

- 3D BIM + время/график = 4D BIM;
- определение вариантов расходов (5D):
- 4D BIM + деньги/стоимость = 5D BIM;
- накопление информации о здании в проекте строительства и определение потребности в техническом обслуживании (6D):
- 5D BIM + «как построено»/жизненный цикл = 6D BIM [Байбурин, 2020].

После завершения стройки модель передают эксплуатанту, и он даже спустя много лет может понять, какие технические решения использованы. А еще заранее будет знать, у какого оборудования истекает срок эксплуатации и сможет спланировать ремонт или замену.

С помощью BIM застройщики могут точно контролировать расходы, видеть в реальном времени отчеты по закупкам и использованию материалов. BIM-модель позволяет быстро построить график производства работ, за секунду узнать планируемый срок готовности любого элемента здания. В связке с электронным документооборотом и электронными цифровыми подписями BIM-модель резко сокращает объем «живого» контроля на стройплощадке, в том числе со стороны государства.

Первым объектом в России, который спроектировали по BIM-технологии, стал детский сад от ГК «Эталон» в Санкт-Петербурге. Проект прошел госэкспертизу также в цифровом формате и получил заключение в сентябре 2020 года. Сейчас BIM используют многие крупные застройщики, в том числе «ПИК», «Брусника». С 1 января 2022 года все государственные строительные заказы в России должны проектироваться в BIM [Цифровое строительство, [www](#)].

Несмотря на все вышперечисленные преимущества и предпосылки, способствующие развитию технологий информационного моделирования при проектировании и строительстве объектов, проведенные в последнее время опросы специалистов в области строительства [Паненков, 2020; Отчет НИУ..., [www](#); СЭД в России..., [www](#)] свидетельствуют о наличии ряда ограничений, препятствующих внедрению BIM-технологии в практику деятельности:

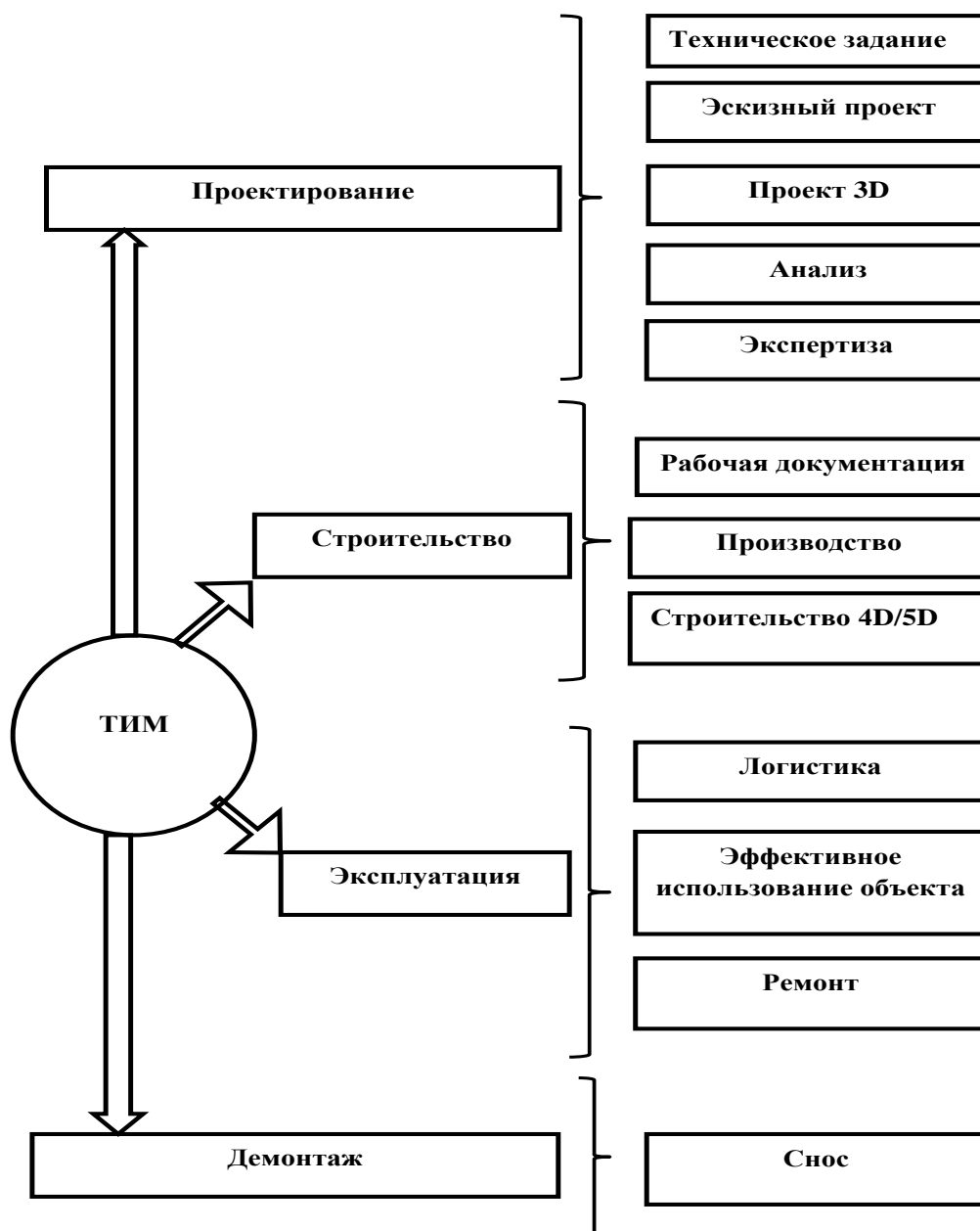
- Отсутствие нормативно-правовой базы и нормативно-технической бвзы для BIM проектирования;
- Отсутствие государственной поддержки внедрения технологий информационного моделирования;
- Дефицит квалифицированных кадров;
- Высокая стоимость программного обеспечения для внедрения BIM [Отчет «Оценка...», [www](#); Отчет по исследованию..., [www](#)].

Одним из первостепенных ограничений подобного рода является высокая стоимость программного обеспечения, а также отсутствие развитой цифровой среды, имеющийся кадровый дефицит и сопротивление изменениям в организации.

Building Information Modeling (BIM), в России также известный как ТИМ (технология информационного моделирования) – это технологический процесс, используемый в архитектурно-строительном проектировании и строительстве для разработки и применения многомерной цифровой модели строящегося, а также законченного сооружения, в целях организации, хранения и использования данных для различных целей на всех стадиях жизненного цикла объекта.

Жизненный цикл здания и сооружения – период, в течение которого осуществляются инженерные изыскания, проектирование, строительство, эксплуатация (в том числе текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения.

Автором разработана блок-схема жизненного цикла строительного объекта (рисунок 2).



Источник: Разработана автором

Рисунок 2 - Блок-схема жизненного цикла строительного объекта

ВМ является технологией, позволяющей удовлетворять данные требования в виде цифрового проекта производства работ (ЦППР).

Для технического регулирования ВМ на всех стадиях ЖЦ объекта, основываясь на зарубежном опыте, разработаны и утверждены для применения на территории РФ 15 национальных стандартов (ГОСТ Р) и 10 сводов правил (СП). В ближайшее время к утверждению будут представлены еще ряд нормативных документов. Общие подходы к формированию информационных моделей обеспечат простоту их использования и повысят

эффективность процесса информационного моделирования.

К примеру, СП 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» вступил в силу с 19 марта 2018 года и содержит требования к информационным моделям объектов массового строительства и их разработке на различных стадиях жизненного цикла, направленные на повышение обоснованности и качества проектных решений, повышение уровня безопасности при строительстве и эксплуатации.

В частности, данным документом установлено, что для разработки цифрового проекта производства работ (ЦППР) необходима модель возводимого объекта и модель строительной площадки (рисунок 2.15). Модель объекта для ППР должна содержать основные элементы здания: фундаменты, стены, перекрытия, балки, крышу, перегородки, лестницы, окна, двери, инженерные системы и оборудование. Причем все названные элементы должны иметь габаритные размеры, соответствующие фактическим, и должны быть смоделированы по каждому уровню или этажу отдельно.

Модель строительной площадки в зависимости от решаемых задач включает: рельеф местности до проведения подготовительных работ, котлован и движение земляных масс нулевого цикла, временные здания и сооружения, основные типы монтажных и грузоподъемных механизмов, временные дороги и сети, ограждения, внешние инженерные сети, в том числе подлежащие выносу, временные и вновь сооружаемые постоянные.

Разработка цифровых проектов производства даст возможность решить следующие задачи:

- повысить производительность работы проектировщиков за счет применения сквозного проектирования;
- автоматизировать проверки отсутствия противоречий между принятыми в проекте решениями и реализуемыми в ходе строительства;
- повысить надежность и безопасность СМР за счет внедрения механизмов проверки на пересечения во времени и пространстве опасных зон строительной техники между собой и с человеческими потоками, с последующим сокращением временного промежутка этих пересечений;
- создать площадку для контролируемой координации работы строительного подрядчика – представить (симулировать) процесс строительства в информационной модели здания, с разделением на технологические зоны и взаимосвязи с графиком производства работ и графиком поставки материалов, в ходе строительства модель в реальном времени отображает происходящее на строительной площадке, выступая в роли, так называемого, «цифрового двойника» [Байбурин, 2020].

Заключение

В ближайшие годы строительная отрасль может кардинально изменить свой облик благодаря внедрению IT-технологий. Строительство станет более прозрачным и понятным для всех, а значит, преимущество получают те компании, которые уже сейчас думают над своей эффективностью, снижают издержки и развивают клиентскую работу.

Цифровые технологии в строительстве способны увеличить производительность труда, повысить безопасность на стройплощадке, обеспечить «протяжку» любых мелочей по всему строительному процессу от проектирования до эксплуатации объекта. Возможно, сейчас некоторые технологии кажутся фантастикой или бесполезными мечтами, но крупные

застройщики уже поняли перспективы: они усиливают IT-отделы, учат сотрудников новым цифровым специальностям. В ближайшие годы строительная отрасль помимо традиционной нехватки рабочих рук столкнется с нехваткой IT-специалистов. Уже сейчас компании бьются за BIM-проектировщиков, а зарплаты этих специалистов растут. Преимущество будет у тех компаний, кто уже почувствовал эту ситуацию.

Таким образом, систематизированы цифровые технологии по повышению конкурентоспособности строительных организаций: цифровой двойник, интернет вещей и умные датчики, виртуальная и дополненная реальность, 3D-печать, высокотехнологичная топосъемка для строительства и георазведка, роботы и дроны в строительстве, BIM-моделирование, блокчейн.

Библиография

1. Байбурин А.Х. Применение цифровых технологий в строительстве. Челябинск, 2020. 167 с.
2. Отчет «Оценка применения BIM-технологий в строительстве. Результаты исследования эффективности применения BIM-технологий в инвестиционно-строительных проектах российских компаний». URL: http://nopriz.ru/upload/iblock/2cc/4.7_bim_rf_otchet.pdf
3. Отчет «Оценка применения BIM-технологий в строительстве». URL: <http://concurator.ru/information/bim-value/>
4. Отчет НИУ МГСУ. URL: <https://digital-build.ru/wp-content/uploads/2022/07/13029866.179299560164735928.1.2-1.pdf>
5. Отчет по исследованию «Уровень применения BIM в России 2019». URL: http://concurator.ru/information/bim_report_2019/?fbclid=IwAR2OVYWwWqYXgNAC8MJeyNK_kg--bboku_TyYuRwefgj4OQ7LAvM-EeQC8Y
6. Паненков А.А. Управление цифровой трансформацией при реализации инвестиционно-строительных проектов: дис. ... канд. экон. наук. Воронеж, 2020. 210 с.
7. План внедрения технологий информационного моделирования зданий (BIM – Building Information Modeling) в области промышленного и гражданского строительства. URL: <http://www.minstroyrf.ru/press/3d-proektirovanie-budet-ispolzovatsya-v-oblastipromyshlennogo-i-grazhdanskogo-stroitelstva/>
8. План мероприятий по внедрению оценки экономической эффективности обоснования инвестиций и технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства. URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293746/4293746272.htm>
9. Проект «Цифровое государственное управление». URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/882/>
10. Результаты исследования проблем внедрения технологии информационного моделирования в инвестиционно-строительных проектах российских компаний. М., 2022. С. 49.
11. Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы. Указ Президента РФ № 203 от 09.05.2017 г.
12. СЭД в России: отраслевая специфика. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/>
13. Цифровое строительство. URL: <https://digital-build.ru/8-czifrovyyh-tehnologij-v-stroitelstve-kotorye-stanut-aktualnymi-v-blizhajshie-tri-goda/>
14. Цифровое строительство. URL: <https://digital-build.ru/intervyu-s-petrom-maninym-czifrovye-dvojniki-i-effekty-ot-ih-vnedreniya/>
15. Шваб К. Четвертая промышленная революция. М.: Эксмо, 2016. 138 с.

Digital transformation of construction organizations

Maksim A. Moskvichev

Postgraduate,
Volgograd State Technical University,
400005, 28, Lenina ave., Volgograd, Russian Federation
e-mail: maxim.moskvi4ev@yandex.ru

Abstract

The article is devoted to the digital transformation of construction organizations. In the Russian Federation, the digitalization of construction is at an early stage. However, the need for the rapid development of digital technologies is recognized by many industry participants and recognized at the state level. Most construction organizations have not yet mastered the full potential of digital technologies. The transition to digital work standards is also called digital transformation. It is dangerous for construction organizations to remain in place in a competitive environment; they need to change and transform. Digital technologies form new business models, new markets, new development opportunities. The study systematized the main digital technologies that affect the level of competitiveness of construction organizations. In the coming years, the construction industry can radically change its appearance due to the introduction of IT technologies. Construction will become more transparent and understandable for everyone, which means that the advantage will be given to those companies that are already thinking about their efficiency, reducing costs and developing client work. Thus, in this study, the author systematizes digital technologies to increase the competitiveness of construction organizations: digital twin, Internet of things and smart sensors, virtual and augmented reality, 3D printing, high-tech topographic survey for construction and geo-prospecting, robots and drones in construction, BIM-modeling, and blockchain.

For citation

Moskvichev M.A. (2023) Tsifrovaya transformatsiya stroitel'nykh organizatsii [Digital transformation of construction organizations]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 13 (3A), pp. 294-304. DOI: 10.34670/AR.2023.90.59.067

Keywords

Digital construction, digital transformation, digital twin, BIM modeling, 3D printing, blockchain.

References

1. Baiburin A.Kh. (2020) *Primenenie tsifrovyykh tekhnologii v stroitel'stve* [Application of digital technologies in construction]. Chelyabinsk.
2. *Otchet «Otsenka primeneniya BIM-tekhnologii v stroitel'stve. Rezul'taty issledovaniya effektivnosti primeneniya BIM-tekhnologii v investitsionno-stroitel'nykh proektakh rossiiskikh kompanii»* [Report “Assessment of the use of BIM technologies in construction. Results of a study of the effectiveness of the use of BIM technologies in investment and construction projects of Russian companies”]. Available at: http://nopriz.ru/upload/iblock/2cc/4.7_bim_rf_otchet.pdf [Accessed 03/03/2023]
3. *Otchet «Otsenka primeneniya BIM-tekhnologii v stroitel'stve»* [Report “Assessment of the use of BIM-technologies in construction”]. Available at: <http://concurator.ru/information/bim-value/> [Accessed 03/03/2023]
4. *Otchet NIU MGSU* [Report of Moscow State Construction University]. Available at: <https://digital-build.ru/wp-content/uploads/2022/07/13029866.179299560164735928.1.2-1.pdf> [Accessed 03/03/2023]
5. *Otchet po issledovaniyu «Uroven' primeneniya BIM v Rossii 2019»* [Report on the study “The level of application of BIM in Russia 2019”]. Available at: http://concurator.ru/information/bim_report_2019/?fbclid=IwAR2OVYwWqYXgNAC8MJeyNK_kg--bboku_TyYuRwefgj4OQ7LAvM-EeQC8Y [Accessed 03/03/2023]
6. Panenkov A.A. (2020) *Upravlenie tsifrovoy transformatsiei pri realizatsii investitsionno-stroitel'nykh proektov. Doct. Dis.* [Management of digital transformation in the implementation of investment and construction projects. Doct. Dis.]. Voronezh.
7. *Plan meropriyatiy po vnedreniyu otsenki ekonomicheskoi effektivnosti obosnovaniya investitsii i tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya na vsekh etapakh zhiznennogo tsikla ob'ekta kapital'nogo stroitel'stva* [Action plan for the implementation of an assessment of the economic efficiency of investment justification and information modeling technologies at all stages of the life cycle of a capital construction object]. Available at: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293746/4293746272.htm> [Accessed 03/03/2023]

8. *Plan vnedreniya tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya zdanii (BIM – Building Information Modeling) v oblasti promyshlennogo i grazhdanskogo stroitel'stva* [Plan for the implementation of building information modeling technologies (BIM) in the field of industrial and civil construction]. Available at: <http://www.minstroyrf.ru/press/3d-proektirovanie-budet-ispolzovatsya-v-oblastipromyshlennogo-i-grazhdanskogo-stroitelstva/> [Accessed 03/03/2023]
9. *Proekt «Tsifrovoe gosudarstvennoe upravlenie»* [Project “Digital public administration”]. Available at: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/882/> [Accessed 03/03/2023]
10. (2022) *Rezul'taty issledovaniya problem vnedreniya tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya v investitsionno-stroitel'nykh proektakh rossiiskikh kompanii* [Results of the study of the problems of introducing information modeling technology in investment and construction projects of Russian companies]. Moscow.
11. Schwab K. (2016) *Chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya* [The fourth industrial revolution]. Moscow: Eksmo Publ.
12. *SED v Rossii: otraslevaya spetsifika* [EDMS in Russia: industry specifics]. Available at: <https://www.tadviser.ru/index.php/> [Accessed 03/03/2023]
13. *Strategii razvitiya informatsionnogo obshchestva v Rossiiskoi Federatsii na 2017-2030 gody. Ukaz Prezidenta RF № 203 ot 09.05.2017 g.* [Strategies for the development of the information society in the Russian Federation for 2017-2030. Decree of the President of the Russian Federation No. 203 dated May 9, 2017].
14. *Tsifrovoe stroitel'stvo* [Digital construction]. Available at: <https://digital-build.ru/8-czifrovyyh-tehnologij-v-stroitelstve-kotorye-stanut-aktualnymi-v-blizhajshie-tri-goda/> [Accessed 03/03/2023]
15. *Tsifrovoe stroitel'stvo* [Digital construction]. Available at: <https://digital-build.ru/intervyu-s-petrom-maniny-m-czifrovy-dvojniki-i-effekty-ot-ih-vnedreniya/> [Accessed 03/03/2023]