

УДК 338.137:69

ЦИФРОВИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ КАК ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР РОСТА ЕЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

И. В. МАЛЬЦЕВИЧ*Государственное научное учреждение «Институт
экономики НАН Беларуси», г. Минск*

Приведены направления и перспективы использования цифровых технологий в строительной отрасли, занимающей значимое место в структуре экономики Республики Беларусь на современном этапе развития. Цифровизация в строительной отрасли является драйвером инновационных преобразований, ускоряя внедрение технологических инноваций и сокращая длительность инновационного процесса. Основной акцент сделан на обобщение данных и систематизацию основных направлений применения цифровых технологий в строительной отрасли.

Ключевые слова: строительная отрасль, цифровизация, технологии, инновационное развитие, конкурентоспособность.

DIGITALIZATION OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF BELARUS AS A MAJOR FACTOR OF GROWTH OF ITS COMPETITIVENESS

I. V. MALTSEVICH*State Scientific Institution «The Institute of Economics
of the NAS of Belarus», Gomel*

The article presents the directions and prospects of using digital technologies in the construction industry, which occupies a significant place in the structure of the economy of the Republic of Belarus at the present stage of development. Digitalization in the construction industry is a driver of innovative transformations, accelerating the introduction of technological innovations and reducing the duration of the innovation process. The main emphasis is placed on the synthesis of data and systematization of the main areas of application of digital technologies in the construction industry.

Keywords: construction industry, digitalization, technologies, innovative development, competitiveness.

Введение

В Беларуси внешнеэкономическая деятельность играет важную роль в экономике. В то же время ее развитие сопровождается наличием следующих ключевых проблем, свойственных любой национальной экономике: повышение эффективности управления инвестиционными проектами, оптимизация различных процессов в строительстве (конкурсных процедур, нормирования труда, ценообразования, организации строительных работ). В настоящее время в Республике Беларусь, в связи со сложившейся экономической ситуацией, возникли проблемы экспорта услуг, развития экономических подходов в сфере управления инвестиционными проектами (в том числе предусматривающими привлечение внешних кредитов), управления финансовыми ресурсами, ресурсосбережения, которые оказывают негативное влияние на конкурентоспособность строительных организаций как на внутреннем, так и на внешних рынках. Поэтому особое значение приобретает поиск путей (источников роста) конкурентных преимуществ отечественных строительных организаций. Согласно Директиве № 8 «О приоритетных направлениях развития строительной отрасли» [1], наиболее перспективным направлением развития является цифровизация отрасли.

В настоящее время в области цифровизации строительства внедряются технологии информационного моделирования и наблюдается положительная динамика использования информационно-коммуникационных технологий в строительстве в 2018 г. (в процентах к общему числу обследованных организаций). Удельный вес организаций, использовавших локальные вычислительные сети, увеличился с 82,1 % в 2011 г. до 90,1 % в 2014 г. и до 93,3 % в 2018 г. Электронной почтой в 2018 г. пользовались все организации. Интернет в 2011 г. использовали на 99,3 %, а с 2014 по 2018 г. его использовали все организации. В 2014 г. 36,5 % строительных организаций имели веб-сайт, в 2014 г. – 50,5 % и в 2018 г. – 65,5 % [2, с. 74], [3, с. 69].

В 2018 г. удельный вес организаций, использовавших Интернет в строительстве с максимальной скоростью передачи данных через сеть (Мбит/с), составил до 1,9 – 26,2 %, от 2 до 10 – 26,8 %, от 10,1 до 30 – 21,3 %, от 30,1 до 100 – 21,8 %, выше 100 – 3,9 % [3, с. 69–70]. Удельный вес организаций, использующих облачные сервисы, в общем числе обследованных организаций в 2018 г. составил 22,3 %. Электронные продажи товаров (работ, услуг) по заказам, переданным посредством специальных форм, размещенных на веб-сайте в Экстранете, с использованием системы автоматизированного обмена сообщениями между организациями (EDI) осуществляют 25,3 % в общем числе обследованных организаций. Электронные закупки товаров (работ, услуг) по заказам, полученным посредством специальных форм, размещенных на веб-сайте, или в Экстранете, или с использованием системы автоматизированного обмена сообщениями между организациями (EDI) осуществляют 34,7 % организаций в общем числе обследованных [3, с. 24].

Несмотря на достигнутые положительные результаты, их уровень не позволяет вывести белорусское строительство на устойчивую траекторию роста. Это обуславливает актуальность исследования перспективных направлений цифровизации строительства и стратегий их внедрения и использования на современном высококонкурентном рынке строительных услуг.

Целью исследования является изучение направлений цифровизации строительной отрасли Республики Беларусь.

Основная часть

В Республике Беларусь с 1 января 2016 г. действует Классификатор продукции по видам экономической деятельности, в котором приведена классификация продукции по видам экономической деятельности секции F «Строительство» (рис. 1) [4].

В разделы 41–43 секции «Строительство» включен широкий перечень видов экономической деятельности, параметры которых динамично изменяются, и для оперативной работы с ними необходимо использовать цифровые технологии, позволяющие работать в режиме реального времени. Систематизация и обобщение исследований в строительной отрасли позволяет представить матрицу цифровизации (рис. 2), составленную на основе цикла PDCA стандартов серии ISO 9001:2015 [5].

Современные строительные объекты возводятся с учетом новых требований к комфортности, энергоэффективности, экологичности зданий (сооружений) за счет использования новых материалов, технологий, конструкций.

Для проектировщиков, заказчиков, подрядчиков, ввиду финансовой составляющей, существуют критерии по минимизации затрат и обеспечению максимального уровня функциональности строительного объекта и т. д. Заказчики хотят получать проекты строительных объектов, которые бы отвечали всем заданным критериям. В настоящее время на строительных объектах подрядчики не всегда выполняют в срок запланированные работы (особенно на сложных объектах), поэтому и не достигается максимальная производительность труда [6].

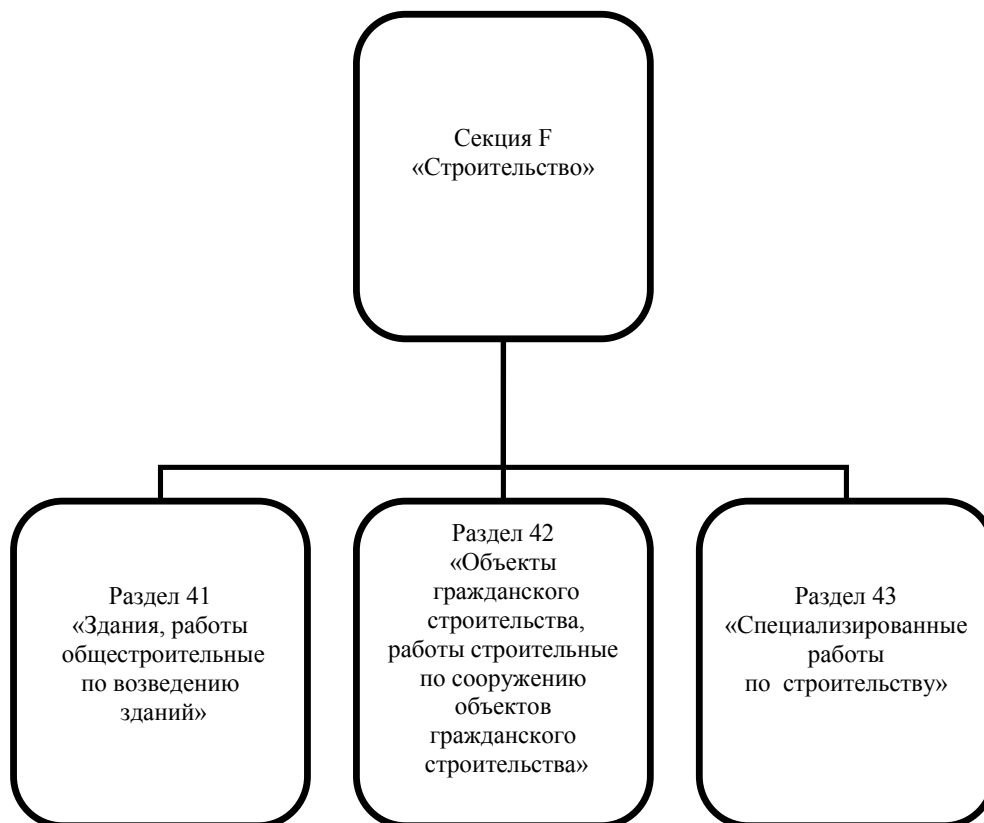


Рис. 1. Классификация продукции секции F по видам экономической деятельности

Примечание. Разработано автором на основании [4].

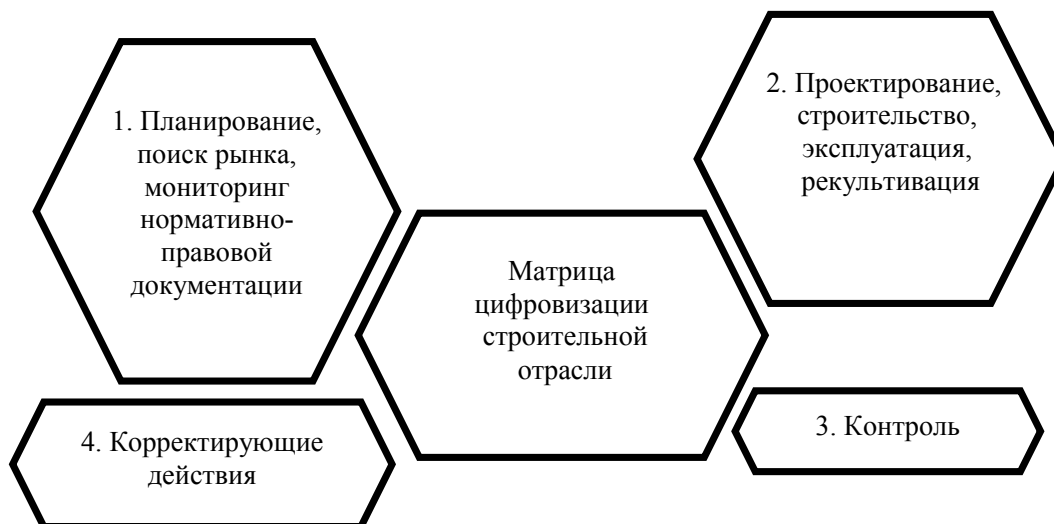


Рис. 2. Матрица цифровизации строительной отрасли

Примечание. Разработано автором на основании [5].

Производительность труда в строительной отрасли различных стран неодинакова. Так, Китай и ЮАР демонстрируют быстрый рост производительности труда (эффект низкой базы), а в Бразилии и Саудовской Аравии производительность труда ниже. Некоторым странам (Австралии, Бельгии и Израилю) удастся поддерживать производительность труда на высоком уровне и добиваться ее интенсивного роста [7].

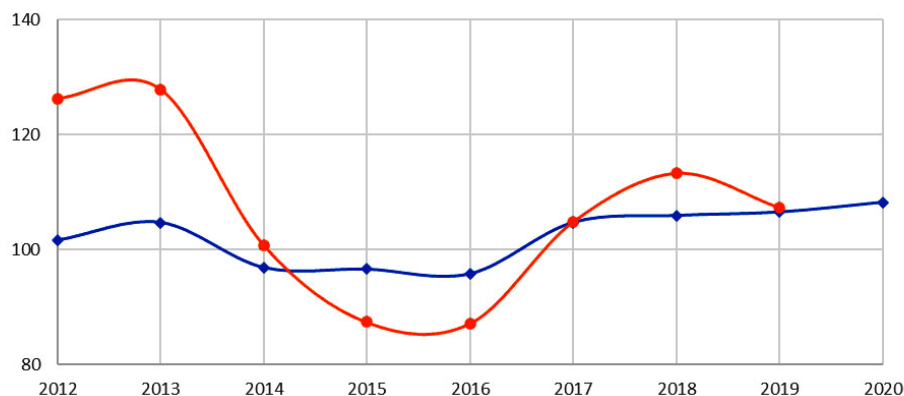


Рис. 3. Динамика темпов роста производительности и реальной заработной платы в строительстве в Республике Беларусь (в процентах к предыдущему году):
 — производительность труда; — реальная заработная плата

Как следует из рис. 3, производительность труда и заработная плата с 2012 по 2014 г. снижались, а с 2016 г. наблюдается положительная динамика.

Эксперты McKinsey отмечают медленное повышение производительности в строительстве, поэтому цифровые технологии и новые материалы являются инструментами, способствующими ускорению роста производительности труда.

Инновации приносят экономическую выгоду и реализуют запросы клиентов с максимальной эффективностью.

Цифровые технологии – главный фактор мирового экономического роста, основанный на кодировке и передаче информации, что позволяет в кратчайшие сроки решать разноплановые задачи. По функциональному назначению цифровые системы, используемые в управлении, условно разделяются на следующие виды: технологии управления жизненным циклом изделий (PLM); автоматизированные системы управления технологическими процессами (ICS); системы управления производственными процессами на уровне цеха (MES).

Эти системы относят к технологиям, обеспечивающим достижение и поддержание конкурентоспособности. Растет потребность в специалистах данного профиля, инженерах и разработчиках.

В направлении цифрового проектирования и моделирования используются сложные математические модели материалов, конструкций, физико-механических процессов, опирающихся на знания, которые применяются при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий (сооружений) [9, с. 10].

В строительной отрасли цифровизация осуществляется в постоянно меняющихся экономических условиях [10] с использованием нижеприведенных технологий.

Цифровой двойник (ЦД) – выделен как объединяющий элемент практически для всех «цифровых» технологий. Он необходим пользователю для эксплуатации продукта и его регулярной поддержки, получения обновлений и постоянной адаптации к новым требованиям и условиям. Заказчики понимают необходимость «цифровой связки» физического и виртуального продукта. В будущем на конкурентных рынках можно будет продать только продукт, имеющий ЦД. Цифровой двойник – ключевая ступень развития технологий (на основе BIM-модели), пополняется данными об эксплуатации реального объекта и отображает его функциональное состояние в режиме реального времени. Он предназначен для создания модели взаимодействия объекта с окружающей средой (BIM используется только для создания цифровой модели).

Модель фиксирует данные о материалах, особенностях конструкции, проведенных операциях, испытаниях, позволяет определять дефекты и осуществлять ремонт, прогнозировать состояние объекта и принимать решения о режимах эксплуатации в дальнейшем (повысить безопасность и эффективность систем, сократить производственные циклы).

Создание ЦД предполагает разработку многоуровневой матрицы целевых показателей и ресурсных ограничений (временных, финансовых, технологических, производственных и др.), которая ведет себя как реальный объект на всех этапах жизненного цикла с высокой степенью адекватности реальному физическому объекту (отсутствует необходимость в дорогостоящих научных исследованиях с материальными объектами, натурных испытаниях).

Виртуальные копии стали удобными для пользователя. Доступ к ЦД постоянно синхронизируется с реальным объектом, что позволяет проанализировать варианты выполнения строительных работ, оценить их эффективность, стоимость и выбрать оптимальные решения.

Цифровой двойник помогает в процессе жизненного цикла строительного объекта избежать дорогостоящих ошибок, повысить конкурентоспособность строительной отрасли.

Ожидаемые результаты применения связаны с бизнес-приоритетами и базируются на стратегических целях: повышении доли на международных рынках; сокращении себестоимости и сроков строительства; создании новых продуктов для белорусского и международного рынков.

Наличие ЦД для создаваемого объекта обеспечивает повышение эффективности деятельности всех участников проекта (разработчик быстрее создает качественную систему, сокращая время на устранение недостатков, а заказчик получает тщательно отлаженную систему, позволяющую снизить риски в отрасли).

Существуют типовые проблемы при внедрении технологии:

- не всегда полностью учитываются мониторируемые процессы;
- заказчик не оценивает экономическую эффективность ЦД. Оценку необходимо проводить с учетом начальных инвестиций и эксплуатационных затрат (персонал, обновление программного обеспечения, аппаратного обеспечения и т. д.);
- сложность создаваемых моделей;
- отсутствие ответственности за ЦД в организации;
- обратная последовательность влияния изменений (ЦД должен являться подлинником информации о состоянии производства).

Для внедрения ЦД необходимо:

- разработать показатели проекта и сформировать бюджет с учетом сроков окупаемости;
- назначить ответственного за реализацию функциональности и дальнейшую поддержку;
- создать ЦД;
- разработать нормативы за процессами внедрения ЦД;
- вносить изменения сначала в ЦД, а затем на строительном объекте;
- следить за использованием регламентов на протяжении всего жизненного цикла объекта [11].

За рубежом ЦД использовался в рамках проекта по строительству в западной части штата Пенсильвания химического завода для производства полиэтилена компании Shell стоимостью в несколько миллиардов долларов [12]. В рамках проекта использовались беспилотные летательные аппараты для сбора информации в режиме реального времени, охватывая территорию, равную 2 км². Трехмерная сетка была

сгенерирована на основе 8000 еженедельно получаемых фотографий с использованием программного обеспечения Bentley ContextCapture и облачных сервисов Bentley. Трехмерные данные оптимизировали совместную работу клиента и подрядчиков из 10 компаний, объединив более 500 конечных пользователей, занятых по разным направлениям проекта. Цифровой двойник обеспечил мониторинг строительства объектов, позволил выявить потенциальные проблемы на ранней стадии, облегчил контроль использования ресурсов и управление системами аварийного реагирования.

Цифровой двойник эффективен для оптимизации работ на строительной площадке (согласно данным стройиндустрии, около 25 % производительного времени тратится на ненужное перемещение и обработку материалов) [13].

Технология ЦД, обеспечивая автоматизированный мониторинг использования техники и материалов, отслеживания отходов, перемещения работников по строительной площадке, позволяет эффективнее управлять ресурсами, пользоваться спасательными командами в случае чрезвычайной ситуации. По данным Бюро статистики труда, в Соединенных Штатах, в период с 2008 по 2012 г., на строительных площадках погибли более 4000 строителей. Использование ЦД позволит обеспечить безопасность строительных работ – спасти жизнь в реальном мире, используя мир виртуальный [14].

Компания Steelcase использовала Azure Digital Twins для создания советника Steelcase Workplace Advisor и мобильного приложения Find для оптимизации пространства, помогающего руководителям организаций видеть, как используется пространство помещений, и создавать новые рабочие места. Steelcase приводит пример работы с заказчиком – быстрорастущей компанией, которая столкнулась с проблемой организации рабочего пространства для размещения сотрудников. Благодаря проекту оптимизации обнаружилось, что коэффициент использования рабочего места в компании составлял всего 35 %. Применение данных и аналитики для реконфигурации пространства позволило за короткое время увеличить этот коэффициент до 51 % [15].

В Республике Беларусь разрабатываются в настоящее время пилотные проекты ЦД в строительстве. Технопарк ООО «Фермент» зарегистрировал ООО «Эсиэс» в качестве своего третьего резидента на основании приказа ООО «Фермент» от 2 сентября 2019 г. № 3-Р. Инновационная деятельность и разработки ООО «Эсиэс» соответствуют V технологическому укладу (информационно-коммуникационные технологии), основным направлением которого являются цифровые технологии BIM и создание ЦД объектов строительства по международным стандартам GMP и GDP (цифровые технологии BIM составляют основу цифровой трансформации строительной отрасли и являются неотъемлемой частью концепции «Индустрия 4.0»). Специализация компании – биотехнологические и фармацевтические производства и лаборатории.

Компанией созданы ЦД следующих фармацевтических и биотехнологических производств: ООО «Фармлэнд», ООО «Научно-производственный центр БелАгро-Ген», ИПТУП «Реб-Фарма», ООО «ТМ» и ООО «Белкаролин» [16].

Исходя из опыта, можно отметить, что вариантное проектирование позволяет снизить стоимость объекта в среднем на 15 % [17]. Детализация объекта (данные об окружающей реальности и этапах строительства и эксплуатации, которые передаются с датчиков в режиме реального времени) – это терабайты данных, нуждающихся в анализе. Поэтому ЦД – решение, позволяющее обрабатывать большие объемы информации и в режиме реального времени обеспечивать пользователей обратной связью о текущем состоянии объекта.

Облачные вычисления (англ. Cloud Computing) используются для объяснения размещения и обработки информации, расположенной на множестве серверов в облаке Интернета. По определению Национального института стандартов и технологий США, «...облачные вычисления (англ. *Cloud Computing*) – это модель обеспечения повсеместного и удобного сетевого доступа по требованию к общему пулу (англ. *Pool*) конфигурируемых вычислительных ресурсов (сетям передачи данных, серверам, устройствам хранения данных, приложениям и ИТ-сервисам как вместе, так и по отдельности), которые могут быть оперативно предоставлены и освобождены с минимальными затратами и (или) обращениями к провайдеру» [18].

Перечислим преимущества облачных технологий, широко используемых в строительстве: высокая мобильность; неограниченный объем информации в облаке; мгновенный доступ к информации участников проекта; возможность контроля управления несколькими стройплощадками; сокращение расходов на большие офисы; максимальная защита данных.

Облачные технологии позволяют решать задачи от первых этапов проектирования до сдачи объекта в эксплуатацию. Высокие показатели достигаются путем минимизации возможных задержек в ходе выполняемых работ и приводят к общему повышению эффективности строительства.

Организации, использующие облачные решения, сократили сроки строительства в два раза и обеспечили эталонную сохранность проектной документации [19].

«Интернет вещей» (англ. *Internet of Things, IoT*) – совокупность исполнительных устройств («умных» объектов) со встроенным датчиком, коммуницирующих посредством определенных каналов связи при помощи программного обеспечения («вещи», устройства и каналы связи, платформы) с использованием облачных технологий, предназначенных для сбора, передачи и обработки данных, принятия решений на основе их анализа. Официальное определение «Интернета вещей» приведено в Рекомендации Международного союза электросвязи (МСЭ) МСЭТ Y.2060, согласно которой IoT – глобальная инфраструктура информационного общества, обеспечивающая передовые услуги за счет организации связи между вещами (физическими или виртуальными) на основе существующих и развивающихся совместимых информационных и коммуникационных технологий.

В технологическую экосистему, получившую название «Интернет вещей», объединяются аппаратная, программная, коммуникационная инфраструктура, а также «подключенные» устройства, участвующие в процессе обмена данными. Для реализации данной технологии используются устройства для сбора данных и подключаемых систем: модули геолокации, датчики вибрации, движения, давления, камеры, радары, гироскопы, барометры, магнитометры и т. д. Благодаря разнообразным датчикам на стройплощадке управление проектом становится эффективным и более безопасным. По мнению экспертов, к 2024 г. доля рынка IoT в строительстве достигнет \$16,8 млрд.

Строительные организации часто возводят объекты в разных локациях. Датчики собирают данные на стройплощадке, которые обрабатываются программами, и выдают подрядчику информацию о рабочей ситуации. Данная технология помогает контролировать масштабные проекты, сокращая время и затраты на решение задач.

В настоящее время число объектов, которые могут быть частью IoT, значительно превышает количество людей. По данным счетчика подключений к «Интернету вещей» в режиме реального времени (Cisco System's Internet of Everything Connections Counter), уже в начале 2015 г. количество установленных единиц оборудования, подключенных к Интернету, составило 14,7 млрд единиц, а к 2020 г. число таких устройств может увеличиться до 50 млрд единиц [20].

Для обеспечения работоспособности «Интернета вещей» создано и разработано определенное количество программных средств. Основные направления, которые поддерживают эти программные средства: идентификация устройств (объектов) и передача данных между ними; измерение свойств (характеристик) объекта, хранение информации; средства обработки и анализ информации; средства контроля и разграничение доступа.

Использование технологии «Интернета вещей» позволит существенно упорядочить расход строительных материалов и конструкций, предупредить об ошибках в сборке, снизить психофизические нагрузки в процессе работы.

Развитие «Интернета вещей» ведет к увеличению объема информации. В связи с этим развивается направление «большие данные» (*Big Data*).

В июне 2013 г. в Оксфордском английском словаре (The Oxford English dictionary, OED) появилось определение термина «Big Data»: «Данные очень большого размера, как правило, в том смысле, что представляют серьезные трудности в материально-техническом обеспечении по манипуляциям и управлению ими; направление вычислений с использованием такого типа данных» [21].

Большие данные – комплексный набор методов, подходов и инструментов обработки структурированных и неструктурированных данных больших объемов. Цель обработки гигантских объемов данных *Big Data* – быстрое и эффективное использование всех видов информации в условиях их изменения в больших объемах. Основные задачи *Big Data* – хранение и обработка информации. Анализ данных – это совокупность методов и средств извлечения из них организованных данных для принятия решений. Основные этапы анализа данных: гипотеза; сбор и систематизация данных; подбор модели; тестирование и интерпретация результатов; использование.

Виртуальная реальность (VR в цифровой среде) создает «реальный» мир, используя фотографии, рендеринг и видео 360°. Возможности применения технологии: навигация в цифровой среде в режиме реального времени. VR придает целостность виртуальному объекту, где «оживает» физическая реальность; проверка жизнеспособности новых конструкций; отслеживание прогресса и выявление проблемы на ранних этапах строительства; практический инструмент в полевых работах для изучения сложных конструкций [22]. В строительстве используют ручной труд, поэтому в динамически меняющихся условиях используются смарт-решения (дроны) для контроля безопасности (мониторинг площадок при помощи камер и выявление опасных участков), охраны объектов и др.

Информационное моделирование зданий и сооружений (*Building Information Modeling*) – коллективное создание, наполнение и использование информации о модели, являющейся основой для решений на протяжении всего жизненного цикла объекта. Технология представляет в цифровом виде физические и функциональные характеристики объекта. С помощью BIM строительство получает 3D-модель и базу данных о технических, технологических, экономических, инженерно-строительных решениях, позволяющих решать задачи, приведенные на рис. 4.

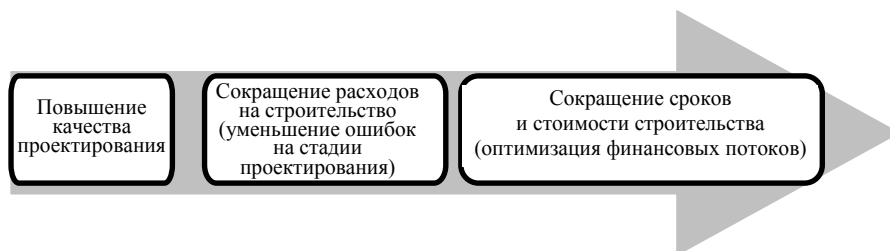


Рис. 4. Задачи применения BIM-технологий
Примечание. Разработано автором на основании [9].

На всех стадиях проектирования проект разрабатывается в одной информационной модели. Архитекторы создают 3D-модель, в которой по каждой части проекта конструкторы проводят расчеты и передают их для корректировки архитекторам.

Внедрение BIM-технологий в Беларуси происходит на уровне государства. Основными мероприятиями внедрения информационного моделирования зданий является создание информационных систем для поддержки жизненного цикла зданий и сооружений во взаимодействии с информационной моделью BIM. Постановлением [23] положено начало корректировки ТНПА по BIM-технологии. Формат документации представляет электронную трехмерную модель, для качественной реализации которой требуется Республиканская отраслевая библиотека отдельных единиц (семейств) информационной модели (материалы, конструкции, свойства элементов), которая была внедрена 10 января 2016 г. [24]. Семейства представляют графические 3D-объекты – цифровые копии изделий, представляющих строительные материалы, конструкции и компоненты конкретных производителей. Семейства состоят как из 3D-графики, так и из информационных блоков с полной информацией о свойствах изделий, и готовы к внесению в проект. Использование базовых элементов при информационном моделировании позволит снизить сроки и трудоемкость проектирования, повысить качество архитектурного проекта. Информация, содержащаяся в семействах, может использоваться на всех стадиях жизненного цикла объекта [25].

В Республике Беларусь с 1 марта 2016 г. введен СТБ 12911–2015 «Основные положения руководства по информационному моделированию зданий», разработанный на основе международного стандарта ISO 12911–2012 «Framework for building information modeling guidance» и устанавливающий основы, определяющие технические условия для информационного моделирования зданий BIM [26].

По данным Минстроя России, только 5–7 % компаний используют BIM (в основном в мегаполисах и крупных компаниях), другие новые технологии в строительстве в России распространены еще меньше [27]. Изменить сложившуюся ситуацию и создать стимул по использованию BIM-модели позволит спрос заказчиков.

К существенным недостаткам BIM относятся:

– данные, поступающие из разных источников (от программ различных производителей, из «облаков» точек, данных фотограмметрии, датчиков и т. д.). Полученные разнородные фрагменты информации приходят в разное время, а значит отсутствует целостная картина объекта строительства;

– построенный объект не соответствует модели (на этапе проектирования из-за поправок объект изменяется). При строительстве происходят еще большие изменения. В процессе эксплуатации исходную модель вообще не используют. BIM фиксирует изменения, но не дает возможности отследить, какие изменения были внесены в процессе строительства и эксплуатации объекта;

– BIM-модели не обладают достаточными данными для прогнозирования аварийных ситуаций (пожар, наводнение и др.).

Учитывая вышеперечисленные недостатки, можно предположить, что жизненный цикл BIM подходит к концу. Таким образом, будущее строительной отрасли за ЦД.

Инструментальный мониторинг несущих конструкций зданий (сооружений) выполняют методами инструментального мониторинга: геодезические измерения; инженерно-геологическое наблюдение состояния грунтового массива основания; измерение нагрузок и деформаций в конструкциях фундамента и надземной части.

Перспективным направлением является использование строительных конструкций с заложенными в них чувствительными элементами, соединенными в единую искусственную нейросеть, позволяющими идентифицировать место повреждения на основе технологии распознавания образов.

Только система инструментального мониторинга, построенная на основе анализа конечного элементного моделирования в сопоставлении с данными измерений, позволит сделать выводы о состоянии и возможности дальнейшей эксплуатации зданий [28, с. 113].

Заключение

Таким образом, развитие цифровизации в экономике связано с процессами цифровизации в строительной отрасли. Для повышения конкурентоспособности и экспортного потенциала Республики Беларусь разрабатываются инновационные технологии.

Цифровизация в строительной отрасли будет развиваться в связи с требованиями современного рынка, поскольку эффективность строительства и сокращение затрат становится приоритетом. Поэтому строительство становится «умным» не только в компьютерном проектировании, но и в непосредственном процессе создания объекта.

Цифровые технологии окажут существенное влияние на прибыль строительной отрасли, которая нацелена на оптимизацию и эффективность внедрения этапов проекта от инженерных изысканий до эксплуатации построенного объекта.

В строительстве Беларуси для внедрения цифровых технологий и решения отраслевых проблем руководителям всех уровней необходимо непрерывно наращивать компетенции в ИТ-сфере и преодолевать инерцию в освоении новой культуры разделения труда.

Литература

1. О приоритетных направлениях развития строительной отрасли : Директива Президента Респ. Беларусь, 4 марта 2019 г., № 8 // КонсультантПлюс : Беларусь / ООО «ЮрСпектр». – Минск, 2020.
2. Информационное общество в Республике Беларусь [2013–2018] = Information society in the Republic of Belarus [2011–2014] : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь ; редкол.: И. В. Медведева (пред.) [и др.]. – Минск : Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2015. – 126 с.
3. Информационное общество в Республике Беларусь [2013–2018] = Information society in the Republic of Belarus [2013–2018] : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь ; редкол.: И. В. Медведева (пред.) [и др.]. – Минск : Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2019. – 102 с.
4. Общегосударственный классификатор Республики Беларусь ОКРБ 007–2012 «Классификатор продукции по видам экономической деятельности». Ч. 1. – Введ. 01.09.16. – Режим доступа: <https://mart.gov.by/files/live/sites/mart/files/documents/>. – Дата доступа: 25.12.2020.
5. Международный стандарт ISO 9001:2015. Системы менеджмента качества. Требования. – Режим доступа: <https://pqm-online.com/assets/files/pubs/translations/std/iso-9001-2015-%28rus%29.pdf>. – Дата доступа: 29.12.2020.
6. Земляков, Г. В. Внедрение BIM-технологий в Республике Беларусь. – Режим доступа: <http://rep.bntu.by/handle/data/29599?show=full>. – Дата доступа: 25.12.2020.
7. Платонова, О. Задача обогнать собственную производительность. – Режим доступа: <http://atomicexpertm.com/page1771354.html>. – Дата доступа: 29.11.2020.
8. Инвестиции и строительство в Республике Беларусь : Investment and construction in the Republic of Belarus : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь ; редкол.: И. В. Медведева (пред.) [и др.]. – Минск : Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2019. – 134 с.

9. Беларусь в цифрах : стат. справ. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь ; [редкол.: И. В. Медведева (пред.) и др.]. – Минск : [б. и.], 2020. – 71 с.
10. Maltsevich, N. Technological integrated instruments and trends of digital economic transformation. The economic discourse / N. Maltsevich, S. Osnovin, I. Maltsevich // International scientific journal. – 2020. – Iss. 1. – P. 25–31.
11. Цифровой двойник предприятия: для чего он нужен и как грамотно внедрить. – Режим доступа: <https://globalcio.ru/discussion/8927/>. – Дата доступа: 01.04.2021.
12. Shell Chemicals Project in Pennsylvania Wins Special Recognition Award for Continuous Surveying in Construction, Lidar News, June 7, 2019. – Mode of access: <https://lidarnews.com/articles/shell-chemicals-project-in-pennsylvaniawins-special-recognition-award/>. – Data of access: 28.03.2021.
13. Advanced Imaging Algorithms in Digital Twin Reconstruction of Construction Sites. Intellect soft, January 17, 2018. – Mode of access: <https://www.intellectsoft.net/blog/392>. – Data of access: 28.03.2021.
14. Digital twin technology spearheads energy efficiency, BIM today, April 16, 2019. – Mode of access: <https://www.pbctoday.co.uk/news/bim-news/digital-twin-technologyenergy/55587/>. – Data of access 01.04.2021.
15. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. – Режим доступа: <https://digitalatom.ru/digital-twin-book>. – Дата доступа: 01.04.2021.
16. Технопарк ООО «Фермент» зарегистрировал третьего резидента. – Режим доступа: https://fermentpark.com/about/news/technopark/news/tekhnopark_-ooo-_enzyme_-has-registered-the-third-resident_-/. – Дата доступа: 01.04.2021.
17. Цифровые двойники. – Режим доступа: https://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm_91_02.html. – Дата доступа: 01.12.2020.
18. Головенчик, Г. Г. Цифровизация белорусской экономики в современных условиях глобализации. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/bitstream/>. – Дата доступа: 21.12.2020.
19. Облачные технологии в строительном бизнесе. – Режим доступа: <https://myfin.by/stati/view/12531-oblachnye-tehnologii-v-stroitelnom-biznese> – Дата доступа: 21.12.2020.
20. Connections Counter: The Internet of Everything in Motion // Cisco's Technology News Site. – Mode of access: <https://newsroom.cisco.com/featurecontent?type=web-content&articleId=1208342>. – Date of access: 30.12.2020.
21. «Data of a very large size, typically to the extent that its manipulation and management present significant logistical challenges; (also) the branch of computing involving such data» // OED. – Mode of access: <http://www.oed.com/view/Entry/18833#eid301162177>. – Date of access: 23.12.2020.
22. Новые технологии в строительстве 2020. – Режим доступа: <https://www.planradar.com/ru/novye-tehnologii-v-stroitelstve/>. – Дата доступа: 21.12.2020.
23. Об утверждении отраслевой программы по разработке и внедрению информационных технологий комплексной автоматизации проектирования и поддержки жизненного цикла здания, сооружения на 2012–2015 годы : Постановление М-ва архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 31 янв. 2012 г., № 4. – Режим доступа: <https://belzakon.net/>. – Дата доступа: 25.12.2020.
24. О реализации мероприятий : Постановление М-ва архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 14 окт. 2013 г., № 402. – Режим доступа: <http://www.mas.gov.by/uploads/documents/Postanovlenie-kollegii-402.pdf>. – Дата доступа: 25.12.2020.

25. Стадион «Динамо»: реконструкция по BIM-технологии. – Режим доступа: <https://ais.by/article/stadion-dinamo-rekonstrukciya-po-bim-tehnologii>. – Дата доступа: 25.12.2020.
26. Основные положения руководства по информационному моделированию зданий : СТБ ISO / TS12911–2015. – Введ. 01.03.16. – Минск : Стройтехнорм, 2015. – 43 с.
27. Новые технологии в строительстве 2020. – Режим доступа: <https://www.planradar.com/ru/novye-tehnologii-v-stroitelstve/>. – Дата доступа: 21.12.2020.
28. Травуш, В. И. Цифровые технологии в строительстве / В. И. Травуш // Строит. науки. – 2018. – № 3. – С. 107–117.

Получено 28.01.2021 г.