

Европейский опыт внедрения BIM-технологий в строительном секторе

Артур Игоревич Царев

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(НИУ МГСУ); г. Москва, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. Информационное моделирование зданий занимает центральное место в цифровой трансформации строительной отрасли. Поддерживая прозрачный и бесперебойный поток информации между всеми заинтересованными сторонами, BIM облегчает их сотрудничество на различных этапах проекта. Это приводит к значительному повышению эффективности при более низких затратах, более быстрой доставке с меньшим количеством неточностей и задержек, расширению возможностей для бизнеса и снижению выбросов и отходов. Цель исследования — выявить закономерности в становлении новых информационных процессов отрасли и сформулировать основные барьеры при их внедрении в проектную практику.

Материалы и методы. Использовались научные публикации отечественных и зарубежных исследователей. Поскольку заявленная проблематика сложилась в ближайшее десятилетие, то рассматривались материалы в этом временном диапазоне. Применялись теоретические методы исследования: анализ, позволивший разложить на части обширную информационную базу по странам ЕС; классификация, которая дала возможность выявить основные рычаги внедрения новых технологий; аналогия, определившая сходства в процессе развития инноваций; синтез, который позволил получить общее представление о ступенях формирования новых явлений в проектировании строительных объектов.

Результаты. Выполнен сравнительный анализ внедрения новых технологий в странах ЕС в зависимости от центр-периферийных закономерностей, проведена параллель между информационными процессами в России и среди европейских стран. Сформулированы основные драйверы внедрения инновационного развития в строительный сектор и тормозящие факторы на основании 10-летней истории внедрения BIM в странах Европы.

Выводы. Внедрение BIM в строительный сектор часто ограничено. Основные барьеры связаны с функциональной совместимостью, соответствием требованиям всех пользователей, изменением рабочих процессов, юридическими вопросами и обучением, а также созданием новых прав и обязанностей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: BIM-технологии, технологии информационного моделирования, цифровизация строительного сектора, инновации, стандартизация BIM, государственные закупки, международный опыт

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Царев А.И. Европейский опыт внедрения BIM-технологий в строительном секторе // Строительство: наука и образование. 2022. Т. 12. Вып. 3. Ст. 8. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2022.3.8

Автор, ответственный за переписку: Артур Игоревич Царев, [TsarevAI@mgsu.ru](mailto:TzarevAI@mgsu.ru).

Implementation of BIM technologies in the construction sector: the European experience

Arthur I. Tsarev

*Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
Moscow, Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. Building information modeling is key to the digital transformation of the construction industry. By maintaining a transparent and continuous flow of information between all stakeholders, BIM facilitates their collaboration at various stages of a project. This leads to significant efficiency gains at lower costs, faster delivery with fewer inaccuracies and delays, better business opportunities, and lower emissions and waste. The purpose of the study is to identify patterns in the formation of new industry-wide information processes and to formulate the main barriers to their implementation in the project practice.

Materials and methods. The author studied the scholarly publications of domestic and foreign researchers. Since this scope of problems was formulated in the recent decade, materials, published during this period, were considered. Theoretical methods of research were employed: analysis, which allowed the author to break down an extensive information base on the EU countries; classification, which made it possible to identify the main levers for implementing new technolo-

gies; analogy, which identified similarities in the development of innovations; synthesis, which generated a general idea of the stages of forming new phenomena in the design of construction projects.

Results. The author made a comparative analysis of the introduction of new technologies in the EU countries depending on the centre-periphery patterns, drew a parallel between the information processes in Russia and European. He also formulated the main drivers of the introduction of innovative development in the construction sector and decelerating factors based on a 10-year history of the implementation of BIM in European countries.

Conclusions. The implementation of BIM in the construction sector is often limited. The main barriers are related to interoperability, compliance for all users, workflow changes, legal issues and training, and the emergence of new rights and responsibilities.

KEYWORDS: BIM technologies, information modeling technologies, digitalization of the construction sector, innovation, BIM standardization, public procurement, international experience

FOR CITATION: Tsarev A.I. Implementation of BIM technologies in the construction sector: the European experience. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2022; 12(3):8. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2022.3.8

Corresponding author: Arthur I. Tsarev, TsarevAI@mgsu.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Строительный сектор оказывает сильное влияние на экономическое, экологическое и социальное развитие, поскольку строительство — это горизонтальный сектор, обслуживающий многие отрасли промышленности и являющийся крупным потребителем промежуточной продукции (сырье, химикаты, электрооборудование и т.д.) и услуг (включая банковское дело). В Европейском союзе (далее — ЕС) строительный комплекс предоставляет 18 миллионов рабочих мест и обеспечивает почти 9 % ВВП [1].

Строительная отрасль — ключевая движущая сила экономики в целом, сталкивается с многочисленными проблемами, связанными, в частности, с конкурентоспособностью, нехваткой рабочей силы, эффективностью использования ресурсов и особенно производительностью. Фактически за последние два десятилетия производительность труда выросла примерно на четверть от темпов роста в обрабатывающей промышленности (1,0 % против 3,6 % соответственно), что делает стройиндустрию самой бедной с точки зрения производительности [2]. Отчасти это объясняется трудностями в освоении цифровых инноваций, которые могли бы помочь повысить как производительность, так и прибыльность. Внедрение полномасштабной цифровизации может привести к ежегодной глобальной экономии средств до 20 % на этапах проектирования и строительства и до 15 % на этапе эксплуатации [3]. Поэтому использование BIM признается потенциальным фактором развития строительной отрасли.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использование BIM-технологий в строительстве достаточно новое явление, поскольку внедрение в производство началось 15 лет назад в некоторых европейских странах, а в других еще не применяется. По этой причине научные публикации имеют сравнительно недавний год выпуска. Выбранная тематика актуальна как в научных школах архитектурно-строительных учебных за-

ведений, так и в политехнических, экономических и других научных направлениях, поскольку это междисциплинарная тема [4, 5].

В настоящей статье используются научные публикации ученых из Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (С.С. Федоров), Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (В.В. Талапов), Казанского государственного архитектурно-строительного университета (Е.С. Рахматуллина), Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (В.В. Шарманов), Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (С.Х. Аль-Згуль), Южного федерального университета (Н.Е. Морозова), Всероссийской академии внешней торговли (В.В. Ильинова) и др. Каждый из исследователей рассматривает проявление BIM в своем аспекте: от проектирования зданий до внешнеэкономических связей между странами, создавая объемную картину влияния цифровых инноваций в современном мире. Многие зарубежные ученые также описывают опыт внедрения новых технологий в своих странах, что позволяет формировать временной срез развития ситуации в зависимости от принимаемых решений на правительственном уровне.

Полученные результаты в статье основаны на теоретических методах исследования: анализ и классификация знаний об опыте внедрения BIM-технологий в странах Европы на базе научных публикаций как отечественных, так и зарубежных исследователей; аналогия и сопоставление дали возможность сравнить идущие процессы на Западе и в России, обозначить слабые моменты, для которых требуются дополнительные исследования и наблюдения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В государствах-членах ЕС постепенно внедряются цифровые инновации в строительную отрасль, при этом BIM является лидером. Для осуществления этого процесса на законодательном уровне был

принят ряд мер, например, Европейская комиссия разработала стратегии и инициативы, направленные на содействие цифровизации в строительном секторе: «Стратегия устойчивой конкурентоспособности строительного сектора и его предприятий», «Целевая группа ЕС по BIM и платформа цифрового строительства ЕС» [4]. Цифровизация строительного комплекса также интегрирована в другие области политики, такие как «Директива ЕС о государственных закупках», поощряя использование BIM в строительных проектах, «Мониторинг цифрового предпринимательства». Однако инновационное развитие в ЕС было неоднородным, поскольку некоторые страны продвигались в процессе цифровизации быстрее, чем другие. Страны Северной Европы лидировали в плане внедрения BIM, и в настоящее время их постепенно догоняют западноевропейские страны, за которыми следуют страны Восточной Европы.

Для анализа внедрения BIM в строительной отрасли произведена выборка по одному примеру из разных экономических зон ЕС: из Северной Европы — Дания (первая страна, в которой использование новых технологий закреплено на государственном уровне), из стран Западной Европы — Франция (половина строительного комплекса перешла на новые технологии без вмешательства государства), Польша (одна из немногих стран Восточной Европы, поддерживающая пилотные проекты с использованием новых технологий) представляет страны Восточной Европы. Тематические исследования по странам характеризуют состояние BIM в каждом из регионов ЕС и иллюстрируют некоторые ключевые проблемы и возможности их решения, с которыми сталкиваются государственный сектор и промышленность при поддержке внедрения BIM. Цель состоит в том, чтобы выделить некоторые факторы, объясняющие успех (или неудачу) инициатив по внедрению цифровых инноваций.

Состояние реализации BIM в Дании

Дания ввела BIM-требования в закон о государственных закупках с 2007 г. Эти постановления направлены на содействие интеграции информационных и коммуникационных технологий в строительный сектор, тем самым повышая его производительность. С 2008 г. потребовалось применение BIM-технологий для проектов реконструкции государственного сектора, с 2009 г. — для проектов социального жилья, поддерживаемых государством. С июня 2011 г. парламент Дании распространил обязательное внедрение BIM на все местные и региональные проекты стоимостью более 2,7 млн евро, в то время как проекты центрального правительства имели более низкий порог в 677 тыс. евро. С апреля 2013 г. BIM является обязательным в национальных, региональных, муниципальных проектах, в том числе в области социального жилья [6–8].

Правительство Дании привлекло научные круги и промышленность к подготовке нормативных актов посредством консультаций и пилотных проектов. Это помогло гарантировать, что применение BIM необходимо и актуально для отрасли. В 2016 г. 78 % датских проектных компаний знали о BIM и использовали его для создания 3D-визуализации, анализа производительности BIM и обнаружения несоответствий [6]. Более 30 % передали модели тем, кто отвечает за управление объектами зданий, показывая, что внедрение BIM также касается этапов эксплуатации и технического обслуживания строительства (а не только этапа проектирования). Более 65 % компаний, использующих BIM, предполагают применять информационное моделирование для всех проектов в течение следующих нескольких лет [7]. Это обусловлено следующими предполагаемыми преимуществами:

- 84 % компаний считают, что BIM может повысить производительность на строительной площадке;
- 79 % считают, что BIM повышает сотрудничество между всеми сторонами;
- 31 % уверены, что BIM необходимо для создания устойчивой окружающей среды.

Правительство Дании поддержало внедрение BIM, вложив значительные средства в исследования и разработки. Ассоциация производительности информационных технологий в строительстве (BIPS) опубликовала несколько стандартов для поддержки разработки цифровых конструкций [9]. На базе таких университетов, как Ольборгский университет, Орхусская школа архитектуры и Технический университет Дании, проводятся курсы в области 3D-моделирования и информационного взаимодействия.

Правительство Дании взяло на себя ведущую роль в разработке стандартов BIM с целью повлиять на международные (в том числе ЕС) стандарты BIM. Обладая более чем десятилетним опытом, Дания стала одним из европейских лидеров в области внедрения и распространения опыта по внедрению BIM-технологий.

Состояние реализации BIM во Франции

Во Франции внедрение BIM значительно продвинулось вперед, особенно с внедрением «Плана цифрового перехода в строительной отрасли» (PTNB) в 2015 г. — стратегического плана, призванного ускорить внедрение BIM. С 2016 по 2017 гг. осведомленность о BIM среди предприятий в секторах строительства и недвижимости выросла до 35 %. В 2017 г. 26 % компаний начали внедрять BIM в строительные проекты, что привело к строительству 500 тыс. домов с использованием BIM.

Франция — единственная страна, где показатель внедрения информационного модели-

рования инженерами (44 %) немного опережает показатель среди архитекторов (40 %). Частично это объясняется структурой рынка строительной отрасли Франции, где сегмент архитектуры в основном состоит из малых и средних предприятий, в то время как сегмент инжиниринга характеризуется крупными компаниями. Они обладают большими возможностями и стремятся использовать возможности для развития бизнеса за счет внедрения BIM [10, 11].

Правительство Франции пошло по другому пути, выбрав необязательный подход, опубликовав план PTNV на 2015 г. Не вводя требование BIM в закон о государственных закупках, правительство Франции хотело избежать исключения малых и средних предприятий из доступа к возможностям государственных закупок в краткосрочной перспективе [12]. План направлен на стимулирование применения BIM в строительном комплексе с целью достижения устойчивости и снижения затрат на строительство. План включает бюджет в размере 20 млн евро из Компенсационного фонда страхования зданий для содействия его реализации. Этот план был разработан на 3 года и распространяется на все строительные предприятия, работающие во Франции.

Во Франции правительство также активно занимается продвижением образования, научных исследований и разработок в области BIM. В рамках плана PNTB в 2018 г. была запущена электронная платформа KROQI, чтобы помочь наращивать возможности BIM для малых и средних предприятий. Она направлена на сотрудничество по обмену BIM-моделями, бесплатными BIM-шаблонами, предлагает доступ к инструментам визуализации и проверки [13].

Еще одной инициативой (за пределами PNTB), поддерживаемой правительством Франции, является EduBIM — это сеть BIM-координаторов, преподавателей и исследователей, сотрудничающих с промышленностью и отвечающих за поддержку внедрения BIM посредством исследований и новых методов обучения. Она включает несколько университетов, таких как Парижская высшая школа, Высшая школа общественных работ и Высшая школа архитектуры Марселя.

Во Франции правительство также сыграло ключевую роль в процессе стандартизации BIM, в рамках которого была опубликована дорожная карта стандартизации [14]. Эта дорожная карта направлена на:

- обмен опытом для повышения осведомленности в использовании BIM;
- разработку тренингов и инструментов, адаптированных для малых и средних предприятий;
- совершенствование процессов обмена информацией и создание надежной основы для содействия обмену данными на протяжении всего жизненного цикла (ЖЦ) построенного здания.

Состояние реализации BIM в Польше

Польша находится на ранней стадии внедрения BIM. Правительство недавно запустило политику и инструменты, поддерживающие BIM в строительной отрасли. Уровень внедрения BIM относительно низок, только 12 % строительных компаний используют BIM в своей повседневной работе. Они делают это в основном для проектов, связанных с визуализацией, 3D-моделями, и в меньшей степени для обнаружения проблем, применения графиков и оптимизации [15]. Этот низкий уровень внедрения частично объясняется отсутствием знаний, систематических требований BIM в законе о государственных закупках и высокой стоимостью первоначального введения BIM.

Тем не менее реализация BIM на польском рынке имеет большой потенциал, поскольку польский строительный рынок обусловлен новым строительством (а не ремонтными работами). Другие отраслевые факторы, такие как нехватка рабочей силы, повышение цен на материалы и внешняя конкуренция, могут подтолкнуть польскую строительную отрасль к более быстрому внедрению BIM [16].

Польское правительство придерживалось обязательного, но гибкого подхода в отношении BIM. В 2016 г. была опубликована поправка к закону о государственных закупках, в которой говорится, что «в случае контрактов на строительство организация-заказчик может потребовать использование инструментов электронного моделирования данных или аналогичных инструментов. В этом случае владельцу проекта необходимо предоставить доступ к таким инструментам до тех пор, пока такой инструмент не станет общедоступным» [17]. Поэтому польское правительство не требует BIM на систематической основе, в отличие от правительства Дании. Национальное агентство автомобильных дорог (GDDKiA) и Польские государственные железные дороги (PKP) запускают пилотные проекты, в которых требуется использование BIM.

Польское правительство также инвестировало средства в BIM-образование, обучение и повышение квалификации. Некоторые университеты, такие как Варшавский технологический университет, разработали курсы, касающиеся BIM («Внедрение BIM в структурное проектирование» и «BIM в цифровом строительстве»). Эти курсы стали одними из самых рейтинговых [18, 19]. Их цель — продемонстрировать процесс BIM и то, как он реализуется на практике.

Польское правительство менее активно работает в области стандартизации BIM, так как оно только недавно приступило к его внедрению, но при этом является частью Целевой группы ЕС по BIM (как Дания и Франция). Данная группа направлена на объединение национальных усилий в рамках общего и согласованного европейского подхода к развитию цифрового строительного сектора мирового

класса. Для этого он фокусируется на наращивании потенциала отрасли, создании общих правил сотрудничества и основы для обмена опытом [20]. Конкретный пример такого сотрудничества — недавно опубликованное руководство по внедрению BIM в европейском государственном секторе. Оно содержит рекомендации, как государственный сектор может способствовать внедрению BIM.

Состояние реализации BIM в России

В 2019 г. в Градостроительном кодексе РФ закрепился термин «информационное моделирование», что дало возможность начать в конце октября 2020 г. создавать комплекс стандартов по информационному моделированию (ЕСИМ), которому присвоен серийный номер 10 [21–25]. Основная цель комплекса стандартов — сформулировать единое понимание значения информационной модели на разных этапах ЖЦ объекта.

В начале декабря 2021 г. большинство участников строительного сектора (порядка 85 %) не готовы использовать в своей практике информационное моделирование, но задумываются о его внедрении [21]. На основании экспертных опросов следует, что только 7 % компаний полностью внедрили новые технологии в свое производство и 8 % на промежуточном этапе перехода на BIM-моделирование, 12 % российских девелоперских компаний используют новые стандарты для выпуска проектной документации, из них только 4 % полноценно применяют цифровые технологии для решения различных задач [22].

С 1 января 2022 г. вступило в силу Постановление Правительства РФ от 05.03.2021 № 331, на основании которого создание BIM-моделей является обязательным для объектов государственного заказа, финансируемых из бюджета РФ (например, детские сады, школы, больницы и др.). Данное решение, с одной стороны, должно повлиять на ускорение внедрения цифровых технологий в отечественную строительную отрасль. С другой стороны, доля государственных закупок на российском строительном рынке составляет до 65 % (по состоянию на 2020 г.), поэтому североевропейский сценарий приведет к потере большого количества компаний доступа к 2/3 строительного рынка. По причине малого количества игроков, владеющих BIM-технологиями, снизится конкуренция, тем самым сработает эффект бумеранга — роста себестоимости. Поскольку малые и средние компании не обладают крупными финансовыми возможностями для переоснащения производства, то возможно произойдет укрупнение компаний за счет присоединения малых компаний к крупным.

Уделяется внимание образованию в сфере информационных технологий. Для формирования цифровых компетенций сложились два направления. Первое базируется на подготовке проектиров-

щиков для организаций. Основа образования заключается в изучении программных комплексов для BIM-моделирования, цифровых методов проектирования. Система обучения является модульной, что позволяет за несколько курсов получить базовые знания (общие термины) и минимальные необходимые навыки работы [23]. Обучение осуществляется на базе ведущих строительных вузов страны и образовательными центрами Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства.

Второе направление ориентировано на подготовку заказчиков на всех уровнях власти. Обучение основано на изучении законодательной базы, требований по формированию заданий на проектирование, юридических особенностей при работе с информационным моделированием, обзора возможностей зарубежного и отечественного программного обеспечения, прохождения экспертизы цифровой модели. Обучающий курс позволяет участникам госзаказа соответствовать законодательным и нормативным актам. Плановое обучение заказчиков проводится в МГСУ и Университете Минстроя, а также краткосрочные курсы в других образовательных учреждениях. Образование главным образом осуществляется в дистанционном формате без отрыва от производства. На курсах в Национальном объединении организаций в сфере технологий информационного моделирования уже прошли обучение более тысячи человек [24].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Следует отметить, что европейская строительная индустрия демонстрирует высокий уровень внедрения BIM. Это обусловлено следующими причинами.

- Наличие крупнейших строительных компаний.

Если сравнивать величину компании по ее обороту, то в Европе более крупные компании, чем в России. Общая выручка 10 крупнейших европейских строительных компаний в 40 раз превышает доходы 10 крупнейших российских застройщиков. Крупные компании являются ключевыми игроками по внедрению BIM, формируя структуру рынка в строительном секторе. В настоящее время предприятия реализуют информационные технологии, охватывающие все этапы производственно-бытовых цепочек, включая техническое обслуживание (хотя показатели внедрения BIM остаются намного ниже, чем на этапах проектирования).

- Стимулирование спроса на информационные модели со стороны правительства.

Правительства многих стран придерживаются подхода по включению требований BIM в государственные закупки, поскольку это играет ключевую роль в продвижении и внедрении BIM, особенно на начальном этапе. То, как правительства включили (или не включили) требования BIM в свой закон о государственных закупках, продемонстри-

ровало их заинтересованность и готовность к внедрению BIM в строительную отрасль. Европейские правительства предоставили отрасли возможность внедрять BIM на систематической основе в рамках своей деятельности по государственным закупкам, начиная с проектов социального жилья и реконструкции, затем была распространена практика на все проекты государственных закупок. В Европе этот механизм был запущен намного раньше, чем в России (2007 г. — в Дании, 2022 г. — в России). Во Франции информационное моделирование тоже стало обязательным с 2022 г., но этому предшествовал продолжительный подготовительный период. К этому году 60 % французских компаний уже используют цифровые технологии, в российских компаниях — только 12 %.

- Разработка и внедрение новых образовательных программ с цифровыми компетенциями.

Непременным условием для внедрения BIM являются инвестиции в исследования и разработ-

ки в области образования, что доказывают европейские страны. Они устраняют потенциальную нехватку профессиональных навыков, связанных с BIM-технологиями; помогают компаниям осваивать BIM-процессы, тем самым снижая некоторые затраты, связанные с внедрением BIM.

- Стандартизация BIM-технологий.

Правительство играет ключевую роль в стандартизации BIM на внутреннем или международном уровне. Оно имеет возможность гарантировать, что стандарты BIM соответствуют интересам и амбициям отрасли. Это в свою очередь может вызвать больший интерес со стороны отечественной строительной отрасли к участию в BIM. Россия — лидер по участию государства во внедрении и продвижении информационных технологий в строительство. Разработка и принятие нормативных документов создает однозначные условия по использованию BIM-моделирования для всех участников строительного рынка.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Король М.Г.* BIM: информационное моделирование — цифровой век строительной отрасли // *Стройметалл*. 2014. № 9. С. 26–30.

2. *Ильинова В.В., Мицевич В.Д.* Международный опыт использования BIM-технологий в строительстве // *Российский внешнеэкономический вестник*. 2021. № 6. С. 79–93. DOI: 10.24412/2072-8042-2021-6-79-93

3. *Hasan A.N., Rasheed S.M.* The benefits of and challenges to implement 5d bim in construction industry // *Civil Engineering Journal*. 2019. Vol. 5. Issue 2. P. 412. DOI: 10.28991/cej-2019-03091255

4. *Smith D., Tardif M.* BIM implementation strategies // *Building Information Modeling*. 2009. Pp. 27–55. DOI: 10.1002/9780470432846.ch2

5. *Рахматуллина Е.С.* BIM-моделирование как элемент современного строительства // *Российское предпринимательство*. 2017. Т. 18. № 19. С. 2849–2866. DOI: 10.18334/rp.18.19.38345

6. *Dadmehr N., Coates S.* Consultative approach to BIM implementation // 14th International Postgraduate Research Conference. 2020.

7. *Sampaio A.Z.* Project management in office: BIM implementation // *Procedia Computer Science*. 2022. Vol. 196. Pp. 840–847. DOI: 10.1016/j.procs.2021.12.083

8. *Федоров С.С., Казаков С.Д.* Процесс информационного моделирования на этапе проектирования объекта капитального строительства // *Наука и бизнес: пути развития*. 2021. № 5 (119). С. 13–17.

9. *Jasiński A.* Impact of BIM implementation on architectural practice // *Architectural Engineering*

and Design Management. 2021. Vol. 17. Issue 5–6. Pp. 447–457. DOI: 10.1080/17452007.2020.1854651

10. *Lu W., Lai C.C., Tse T.* BIM implementation strategies, prospects, and challenges // *BIM and Big Data for Construction Cost Management*. 2018. Pp. 34–52. DOI: 10.1201/9781351172325-3

11. *Таланов В.В.* Внедрение BIM: фундаментальный опыт Великобритании // *САПР и графика*. 2017. № 3 (245). С. 23–29.

12. *Smith P.* BIM Implementation — Global Strategies // *Procedia Engineering*. 2014. Vol. 85. Pp. 482–492. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.10.575

13. *Jolanta Š., Pupeikis D.* Review of BIM Implementation in Higher Education // *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*. 2018. Vol. 22. Issue 1. DOI: 10.5755/j01.sace.22.1.21116

14. *Морозова Н.Е., Аль-Згуль С.Х.* Управление проектом внедрения технологий информационного моделирования на предприятиях строительной отрасли // *Инженерный вестник Дона*. 2018. № 4 (51). С. 253.

15. *Mesároš P., Smetanková J., Mandičák T.* The Fifth Dimension of BIM — Implementation Survey // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 222. P. 012003. DOI: 10.1088/1755-1315/222/1/012003

16. *Long W., Yuan L., Zhao B.* Analyzing the Effectiveness of the Project Organization of BIM Implementation // *Proceedings of the 24th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate*. 2021. Pp. 1149–1163. DOI: 10.1007/978-981-15-8892-1_81

17. *Кисель Т.Н.* Экономическая эффективность применения BIM-технологий в строительстве в раз-

личных странах // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании : сб. мат. Междунар. науч. конф. 2017. С. 492–497.

18. Li J., Yang H. A Research on Development of Construction Industrialization Based on BIM Technology under the Background of Industry 4.0 // MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 100. P. 02046. DOI: 10.1051/mateconf/201710002046

19. Pan Y., Zhang L. A BIM-data mining integrated digital twin framework for advanced project management // Automation in Construction. 2021. Vol. 124. P. 103564. DOI: 10.1016/j.autcon.2021.103564

20. Building Information Modelling in the EU construction sector // Trend Paper Series. 2019. 22 p.

21. Дронов Д.С., Киметова Н.Р., Ткаченко В.П. Проблемы внедрения BIM-технологий в России // Синергия наук. 2017. № 10. С. 529–549.

22. Мамаев А.Е., Шарманов В.В., Золотова Ю.С., Свиницкий В.А., Городнюк Г.С. Прикладное приме-

нение BIM-модели здания для контроля инвестиционно-строительного проекта // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 1–3. С. 83–87.

23. Гришина Н.М., Мицко Д.И. Разработка и внедрение BIM-стандарта: исследование методов управления в строительстве // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 3 (41). С. 266–276.

24. Яковлева С.А. Преимущества и недостатки использования BIM при проектировании // StudArctic Forum. 2017. Т. 3. № 7. С. 64–68. DOI: 10.15393/j102.art.2017.1501

25. Скворцов А.В. Обзор международной нормативной базы в сфере BIM // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2016. № 2 (7). С. 4–48. DOI: 10.17273/CADGIS.2016.2.1

Поступила в редакцию 24 февраля 2022 г.

Принята в доработанном виде 28 сентября 2022 г.

Одобрена для публикации 28 сентября 2022 г.

ОБ АВТОРЕ: **Артур Игоревич Царев** — преподаватель кафедры инженерной графики и компьютерного моделирования; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 1038905, ORCID: 0000-0002-9996-1842; TsarevAI@mgsu.ru.

INTRODUCTION

The construction sector has a strong influence on economic, environmental and social development, since construction is a horizontal sector that serves many industries and a major consumer of intermediate products (raw materials, chemicals, electrical equipment, etc.) and services (including banking). In the European Union (hereinafter — EU), the construction complex maintains 18 million jobs and accounts for almost 9 % of GDP [1].

The construction industry, being a key driver of the economy as a whole, faces numerous challenges related to competitiveness, labour shortages, resource efficiency, and productivity. In fact, over the past two decades, labour productivity has grown at about one-quarter the rate of growth in manufacturing (1.0 % vs. 3.6 %, respectively), making the construction industry the poorest in terms of productivity [2]. This is partly due to the difficulty in absorbing digital innovations that could help improve both productivity and profitability. The implementation of full-scale digitalization could result in annual global savings of up to 20 % in the design and construction phases and up to 15 % in the operational phase [3]. Therefore, the use of BIM is recognized as a potential development factor for the construction industry.

MATERIALS AND METHODS

The use of BIM technologies in construction is a fairly new phenomenon, since its introduction into production began 15 years ago in some European countries, and in others is has not yet been applied. For this reason, scientific publications have a relatively recent year of publication. The chosen topic is relevant both for the research schools of educational institutions of architecture and civil engineering, as well as in polytechnic, economic and other areas of research, because this topic is interdisciplinary [4, 5].

The author refers to the publications made by the researchers from the Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (S.S. Fedorov), Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (V.V. Talapov), Kazan State University of Architecture and Civil Engineering (E.S. Rakhmatullina), Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (V.V. Sharmanov), Bauman Moscow State Technical University (S.Kh. Al-Zgul), Southern Federal University (N.M. Gubkin), Russian Foreign Trade Academy (V.V. Ilinova), etc. Each of the researchers considers the manifestation of BIM in its own aspect: from building design to foreign economic relations between countries, creating a comprehensive picture of the impact of digital innovation in the present-day world. Many foreign scientists

also describe the experience of implementing new technologies in their countries, which allows forming a cross-section of the time development of the situation depending on the decisions made at the governmental level.

The results obtained in the article are based on the following theoretical research methods: analysis and classification of knowledge about the experience of implementing BIM technologies in Europe using the research publications of both domestic and foreign researchers; analogy and comparison made it possible to compare the ongoing processes in the West and in Russia, to identify weak points, which require additional research and observations.

RESEARCH RESULTS

Digital innovation is gradually being introduced in the construction industries of the EU member states, with BIM leading the way. Several measures have been taken to implement this process at the legislative level, for example, the European Commission has developed strategies and initiatives to promote digitalization in the construction sector: the “Strategy for the sustainable competitiveness of the construction sector and its companies”, the “EU Task Force on BIM and the EU digital construction platform” [4]. Digitalization of the construction sector is also integrated into other policy areas, such as the “EU Public Procurement Directive”, encouraging the use of BIM in construction projects, the “Monitoring of Digital Entrepreneurship”. However, innovative development in the EU has been heterogeneous, with some countries moving faster in the digitalization process than others. North European countries led the way in terms of BIM implementation, and are now being gradually caught up by Western European countries, followed by Eastern European countries.

To analyze the implementation of BIM in the construction industry, the sampling of one example from different EU economic zones was made: Denmark (the first country where the use of new technologies is specified at the state level) from Northern Europe, France from Western Europe (half of the construction complex switched to new technologies without state intervention), Poland (one of few Eastern European countries, supporting pilot projects using new technologies) represents the Eastern European countries. The country case studies describe the state of BIM in each of the EU regions and illustrate some of the key challenges and opportunities faced by the public sector and industry supporting BIM implementation. The aim is to highlight some of the factors that explain the success (or failure) of digital innovation initiatives.

The state of BIM implementation in Denmark

Denmark has introduced BIM requirements in its public procurement law since 2007. These regulations aim to promote the integration of information and

communication technologies in the construction sector, thereby increasing its productivity. BIM has been required for public sector renovation projects since 2008, and since 2009 it has been a must for social housing projects supported by the state. Since June 2011, the Danish Parliament has extended the compulsory implementation of BIM to all local and regional projects worth more than 2.7 million euros, while central government projects had a lower threshold of 677,000 euros. Since April 2013 BIM has been mandatory for national, regional, municipal projects, including social housing [6–8].

The Danish government has got academia and industry involved in the preparation of regulations through consultations and pilot projects to ensure that the application of BIM is necessary and relevant to the industry. In 2016, 78 % of Danish design companies were aware of BIM and used it to create 3D visualizations, analyze BIM performance and detect inconsistencies [6]. More than 30 % delivered models to those in charge of building facility management, showing that BIM implementation is also about the operation and maintenance phases of construction (not just the design phase). More than 65 % of companies using BIM anticipate applying information modeling to all projects over the next few years [7]. This happens due to the following tentative benefits:

- 84 % of companies believe that BIM can improve productivity on the construction site;
- 79 % believe that BIM boosts collaboration between all parties;
- 31 % believe BIM is necessary to create a sustainable environment.

The Danish government supported the introduction of BIM by investing large amounts in research and development. The Building Information Performance Association (BIPS) published several standards to support the development of digital structures [9]. Universities such as Aalborg University, Aarhus School of Architecture, and Technical University of Denmark are hosting courses in 3D modeling and information interoperability.

The Danish government has taken the lead in developing BIM standards to influence international (including EU) BIM standards. With more than a decade of experience, Denmark has become one of the European leaders in the implementation and dissemination of BIM technologies.

The state of BIM implementation in France

In France, the implementation of BIM has advanced significantly, especially with the introduction of the “Digital Transition Plan for the Construction Industry” (PTNB) in 2015. It is a strategic plan designed to accelerate the adoption of BIM. From 2016 to 2017, BIM awareness among businesses in the construction and real estate sectors increased to 35 %. In 2017, 26 % of companies began implementing BIM in construction

projects, resulting in 500,000 homes being built using BIM.

France is the only country where the adoption rate of information modeling among engineers (44 %) is slightly ahead of that among architects (40 %). This is partly due to the market structure of the French construction industry, where the architecture segment consists mainly of small and medium-sized companies, while the engineering segment is characterized by large companies. They have more opportunities and are keen to take advantage of business development opportunities through the implementation of BIM [10, 11].

The French government took a different path, opting for a non-binding approach by publishing the PTNB plan for 2015. By not requiring BIM in the public procurement law, the French government wanted to avoid excluding small and medium-sized companies from accessing public procurement opportunities in the short term [12]. The plan aims to encourage the use of BIM in the construction sector in order to achieve sustainability and reduce construction costs. The plan includes a budget of 20 million euros from the Building Insurance Compensation Fund to facilitate its implementation. The plan has been developed for 3 years and applies to all construction companies operating in France.

In France, the government is also active in promoting education, research and development in the field of BIM. As part of the PNTB plan, the KROQI e-platform was launched in 2018 to help build BIM capabilities for small and medium-sized enterprises. It aims to collaborate on sharing BIM models, free BIM templates, and offers access to visualization and verification tools [13].

Another initiative (outside the PNTB), supported by the French government, is EduBIM, a network of BIM coordinators, teachers and researchers cooperating with industry and responsible for supporting the implementation of BIM through research and new teaching methods. It includes several universities, such as École Supérieure de Paris, École Supérieure des Travaux Publics, and École Supérieure d'Architecture de Marseille.

In France, the government has also played a key role in the BIM standardization process, that encompassed the publication of a standardization roadmap [14]. This roadmap aims to:

- facilitate experience sharing to raise awareness in the use of BIM;
- develop training sessions and tools adapted to small and medium-sized enterprises;
- improve information exchange processes and create a reliable framework to facilitate data exchange throughout the lifecycle (LC) of a constructed building.

The state of BIM implementation in Poland

Poland is in the early stages of BIM implementation. The government has recently launched policies

and tools to support BIM in the construction industry. The level of BIM implementation is relatively low, only 12 % of construction companies use BIM in their daily work. They do so mainly for projects involving visualization, 3D models, and to a lesser extent for problem detection, application of schedules, and optimization [15]. This low level of adoption is partly due to the lack of knowledge, systematic BIM requirements in public procurement law, and the high cost of the initial introduction of BIM.

Nevertheless, the implementation of BIM in the Polish market has great potential because the Polish construction market is driven by new construction projects (rather than renovation work). Other industry factors, such as labour shortages, higher material prices, and external competition, may push the Polish construction industry to implement BIM more quickly [16].

The Polish government has taken a mandatory but flexible approach to BIM. In 2016, an amendment to the Public Procurement Act was published stating that “in the case of construction contracts, the contracting entity may require the use of electronic data modeling tools or similar instruments. In this case, the project owner must be given access to such tools until such a tool is publicly available” [17]. Therefore, the Polish government does not require BIM on a systematic basis, unlike the Danish government. The National Roads Agency (GDDKiA) and Polish State Railways (PKP) are launching pilot projects that require the use of BIM.

The Polish government has also invested in BIM education, training and professional development. Some universities, such as the Warsaw University of Technology, have developed courses related to BIM (“Implementing BIM in Structural Engineering” and “BIM in Digital Construction”). These courses were the highest rated ones [18, 19]. Their goal is to demonstrate the BIM process and the way it is implemented in practice.

The Polish government is less active in BIM standardization, as it has only recently begun to implement it, but it is part of the EU Task Force on BIM (like Denmark and France). This group aims to bring together national efforts as part of a common and coherent European approach to developing a world-class digital construction sector. To do this, it focuses on building industry capacity, creating common rules for cooperation and a framework for sharing experience [20]. A concrete example of this collaboration is the recently published guidelines for the implementation of BIM in the European public sector. It contains recommendations on how the public sector can contribute to the implementation of BIM.

The state of BIM implementation in Russia

In 2019, the term “information modeling” was entered in the Urban Planning Code of the Russian

Federation, which made it possible to start creating a set of standards for information modeling (USIM) at the end of October 2020, which was assigned serial number 10 [21–25]. The main goal of the set of standards is to formulate a common understanding of the meaning of the information model at different stages of the lifecycle of an object.

At the beginning of December 2021, the majority of players in the construction sector (about 85 %) are not ready to use information modeling in their practice, but are thinking about its implementation [21]. Based on expert surveys, it follows that only 7 % of companies have fully implemented new technologies in their production and 8 % are at an intermediate stage of transition to BIM modeling, 12 % of Russian development companies use new standards to produce design documentation, of which only 4 % fully apply digital technologies to solve various tasks [22].

On January 1, 2022 the Russian Government Resolution No. 331 from March 5, 2021 came into force, according to which creation of BIM models is mandatory for state order objects financed from the Russian budget (e.g. kindergartens, schools, hospitals, etc.). This decision, on the one hand, should influence the acceleration of digital technology implementation in the domestic construction industry. On the other hand, the share of public procurement in the Russian construction market is up to 65 % (as of 2020), so the North European scenario would result in a large number of companies losing access to 2/3 of the construction market. Due to the small number of players having a good command of BIM technologies, competition will decrease, thus triggering a boomerang effect, or an increase in the cost of production. Since small and medium-sized companies do not have large financial capabilities to re-equip production, it is possible that companies will consolidate, and large companies will acquire small ones.

Attention is paid to education in the field of information technologies. There are two directions for the formation of digital competencies. The first is based on the training of designers for organizations. The basis of education is the study of BIM modeling software packages and digital design methods. The training system is modular, which allows to obtain basic knowledge (general terms) and minimum necessary skills during several courses [23]. Training is carried out on the basis of the leading civil engineering universities of the country and educational centres of the Ministry of construction, housing and utility services.

The second direction is focused on the training of customers at all levels of government authorities. Training is based on the study of the legislative framework, requirements for the formation of design assignments, legal features of information modeling, review of foreign and domestic software capabilities,

the examination of a digital model. Training course allows the parties involved in the state order to comply with legislative and regulatory acts. Systematic training of customers is carried out at MGSU and the University of the Ministry of Construction, as well as short-term courses offered by other educational institutions. Education mainly takes place in an online format, without on-the-job training. The courses at the National association of organizations in the field of information modeling technologies have already been offered to more than one thousand people [24].

CONCLUSION AND DISCUSSION

It is noteworthy that the European construction industry demonstrates a high level of implementation of BIM due to the following reasons.

- The presence of the largest construction companies.

If we compare the size of a company by its turnover, Europe has larger companies than Russia. The total revenue of the 10 largest European construction companies is 40 times more than the revenue of the 10 largest Russian developers. Large companies are key players in the implementation of BIM, forming the structure of the market in the construction sector. At present, companies are implementing information technologies covering all stages of production and utility chains, including maintenance (although BIM implementation rates remain much lower than in the design stages).

- Stimulation of demand for information models by the government.

Many governments have taken the approach of including BIM requirements in public procurement because it plays a key role in the promotion and implementation of BIM, especially in the initial phase. The way governments have included (or not included) BIM requirements in their public procurement law has demonstrated their interest and willingness to implement BIM in the construction industry. European governments enabled the industry to implement BIM in a systematic way as part of their public procurement activities, starting with social housing and renovation projects, then extending the practice to all public procurement projects. In Europe, this mechanism was launched much earlier than in Russia (2007 — in Denmark, 2022 — in Russia). In France, information modeling also became mandatory in 2022, but this was preceded by a long preparatory period. By this year, 60 % of French companies have already been using digital technologies, while it is characteristic of 12 % of Russian companies.

- Development and implementation of new educational programmes that contain digital competencies.

An indispensable condition for the implementation of BIM is investment in research and devel-

opment in the field of education. They eliminate the potential lack of professional skills related to BIM technologies; they help companies master BIM processes, thus reducing some of the costs associated with the implementation of BIM.

- BIM technology standardization.

The government plays a key role in the standardization of BIM at the domestic or international level. It has the ability to ensure that BIM standards

meet the interests and ambitions of the industry. This in turn can generate more interest on the part of the domestic construction industry to participate in BIM. Russia is a leader in the government involvement in the implementation and promotion of information technologies in construction. Development and adoption of regulatory documents creates unambiguous conditions for the use of BIM modeling by all construction market players.

REFERENCES

1. Korol' M.G. BIM: information modeling — the digital age of the construction industry. *Building Metal*. 2014; 9:26-30. (rus.).
2. Ilinova V.V., Mitsevich V.D. International experience of using BIM technologies in construction. *Russian Foreign Economic Journal*. 2021; 6:79-93. DOI: 10.24412/2072-8042-2021-6-79-93 (rus.).
3. Hasan A.N., Rasheed S.M. The benefits of and challenges to implement 5D BIM in construction industry. *Civil Engineering Journal*. 2019; 5(2):412. DOI: 10.28991/cej-2019-03091255
4. Smith D., Tardif M. BIM implementation strategies. *Building Information Modeling*. 2009; 27-55. DOI: 10.1002/9780470432846.ch2
5. Rakhmatullina E.S. 1 BIM modeling as an element of modern construction. *Russian Journal of Entrepreneurship*. 2017; 18(19):2849-2866. DOI: 10.18334/rp.18.19.38345 (rus.).
6. Dadmehr N., Coates S. Consultative approach to BIM implementation. *14th International Postgraduate Research Conference*. 2020.
7. Sampaio A.Z. Project management in office: BIM implementation. *Procedia Computer Science*. 2022; 196:840-847. DOI: 10.1016/j.procs.2021.12.083
8. Fedorov S.S., Kazakov S.D. Information modeling process at the stage of designing a construction project. *Science and Business: Ways of Development*. 2021; 5(119):13-17. (rus.).
9. Jasiński A. Impact of BIM implementation on architectural practice. *Architectural Engineering and Design Management*. 2021; 17(5-6):447-457. DOI: 10.1080/17452007.2020.1854651
10. Lu W., Lai C.C., Tse T. BIM implementation strategies, prospects, and challenges. *BIM and Big Data for Construction Cost Management*. 2018; 34-52. DOI: 10.1201/9781351172325-3
11. Talapov V.V. BIM Implementation: Fundamental UK experience. *CAD and Graphics*. 2017; 3(245):23-29. (rus.).
12. Smith P. BIM Implementation — Global Strategies. *Procedia Engineering*. 2014; 85:482-492. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.10.575
13. Jolanta Š., Pupeikis D. Review of BIM Implementation in Higher Education. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*. 2018; 22(1). DOI: 10.5755/j01.sace.22.1.21116
14. Morozova N.E., Al-Zgul S.H. Project management of implementation of technology of information modeling on the construction industry. *Engineering journal of Don*. 2018; 4:253. (rus.).
15. Mesároš P., Smetanková J., Mandíček T. The fifth dimension of BIM — implementation survey. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 222:012003. DOI: 10.1088/1755-1315/222/1/012003
16. Long W., Yuan L., Zhao B. Analyzing the effectiveness of the project organization of BIM implementation. *Proceedings of the 24th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate*. 2021; 1149-1163. DOI: 10.1007/978-981-15-8892-1_81
17. Kisel T.N. Economic efficiency of BIM-technologies in construction in various countries. *Integration, partnership and innovation in construction science and education : collection of materials of the international scientific conference*. 2017; 492-497. (rus.).
18. Li J., Yang H. A research on development of construction industrialization based on BIM technology under the background of industry 4.0. *MATEC Web of Conferences*. 2017; 100:02046. DOI: 10.1051/mateconf/201710002046
19. Pan Y., Zhang L. A BIM-data mining integrated digital twin framework for advanced project management. *Automation in Construction*. 2021; 124:103564. DOI: 10.1016/j.autcon.2021.103564
20. Building information modelling in the EU construction sector. *Trend Paper Series*. 2019; 22.
21. Dronov D.S., Kimetova N.R., Tkachenkova V.P. Problems of introduction of BIM-technologies in Russia. *Synergy of Sciences*. 2017; 10:529-549. (rus.).
22. Mamayev A.E., Sharmanov V.V., Zolotova Yu.S., Svintsitskiy V.A., Gorodnyuk G.S. Application of the BIM model of a building for the control of an invest-

ment and construction project. *Actual Problems of Humanities and Natural Sciences*. 2016; 1-3:83-87. (rus.).

23. Grishina N.M., Mitsko D.I. Development and implementation of the BIM-standard: a study of management practices in construction. *News of the Kazan State University of Architecture and Engineering*. 2017; 3(41):266-276. (rus.).

24. Iakovleva S. Advantages and disadvantages of BIM. *StudArctic Forum*. 2017; 3(7):64-68. DOI: 10.15393/j102.art.2017.1501 (rus.).

25. Skvortsov A.V. Overview of the international regulatory framework in the field of BIM. *CAD and GIS of highways*. 2016; 2(7):4-48. DOI: 10.17273/CADGIS.2016.2.1 (rus.).

Received February 24, 2022.

Adopted in revised form on September 28, 2022.

Approved for publication on September 28, 2022.

B I O N O T E S: **Arthur I. Tsarev** — Lecturer of the Department of Engineering Graphics and Computer Modeling; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RISC: 1038905, ORCID: 0000-0002-9996-1842; TsarevAI@mgsu.ru.