



ОБОЗРЫ REVIEWS

DOI 10.22363/1815-5235-2022-18-2-172-181
УДК 539.3

НАУЧНЫЙ ОБЗОР / REVIEW

Проблемы и преимущества внедрения BIM на предприятиях строительной отрасли

И.И. Юшкин¹ , Ш.Г.Х. Аламиди¹ , Н.А. Сташевская^{1,2} 

¹Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация

²Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация

✉ ivan.yushkin92@gmail.com

История статьи

Поступила в редакцию: 17 января 2022 г.

Доработана: 15 марта 2022 г.

Принята к публикации: 2 апреля 2022 г.

Для цитирования

Юшкин И.И., Аламиди Ш.Г.Х., Сташевская Н.А. Проблемы и преимущества внедрения BIM на предприятиях строительной отрасли // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2022. Т. 18. № 2. С. 172–181. <http://doi.org/10.22363/1815-5235-2022-18-2-172-181>

Аннотация. Строительная отрасль – одна из важных опор экономики. Информационное моделирование зданий (BIM) представляет собой набор технологий, которые направлены на расширение сотрудничества в отраслях архитектуры, проектирования и строительства для повышения производительности и качества этапов проектирования, строительства и обслуживания зданий. Переосмысление строительства – ключ к повышению производительности. Однако BIM не получил широкого распространения в строительной отрасли. Необходимо определить основные проблемы, препятствующие его внедрению, рассмотреть стратегии, применимые для более глубокого его понимания, выполнить всесторонний и систематический анализ факторов, влияющих на внедрение BIM. На основе обзора литературы, анкетного опроса и сбора статистических данных определены факторы негативного влияния на внедрение BIM, среди которых отсутствие обученных специалистов, инвестиций в обучение персонала, стандартизации BIM, а также позиция руководства в организациях. Выдвигаются некоторые предложения по продвижению внедрения BIM и конкретные меры по реализации широкого применения технологии BIM в строительной отрасли.

Ключевые слова: информационное моделирование зданий, оптимизация, затраты, проекты, строительство, издержки, препятствия, преимущества, внедрение

Юшкин Иван Иванович, аспирант, департамент строительства, Инженерная академия, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; ORCID: 0000-0001-5517-0646; ivan.yushkin92@gmail.com

Аламиди Шаймаа Ганим Хаким, аспирант, департамент строительства, Инженерная академия, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; ORCID: 0000-0003-2634-7216; 1042208079@rudn.ru

Сташевская Надежда Александровна, кандидат технических наук, доцент департамента строительства, Инженерная академия, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; заместитель директора Института цифровых технологий и моделирования в строительстве, доцент кафедры проектирования зданий и сооружений, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Российская Федерация, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26; ORCID: 0000-0001-7178-1439, Scopus Author ID: 57184398900, eLIBRARY SPIN-код: 1831-7306; stashevskaya-na@rudn.ru

© Юшкин И.И., Аламиди Ш.Г.Х., Сташевская Н.А., 2022




This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Problems and benefits of implementing BIM in the construction industry

Ivan I. Iushkin¹  , Shaimaa Ghanim Hakim Alamedy¹ , Nadezhda A. Stashevskaya^{1,2} 

¹Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russian Federation

²National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation

 ivan.yushkin92@gmail.com

Article history

Received: January 17, 2022

Revised: March 15, 2022

Accepted: April 2, 2022

For citation

Iushkin I.I., Alamedy S.G.H., Stashevskaya N.A. Problems and benefits of implementing BIM in the construction industry. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*. 2022;18(2):172–181. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/1815-5235-2022-18-2-172-181>

Abstract. The construction industry is one of the important pillars of the economy. Building Information Modeling (BIM) is a set of technologies that aims to enhance collaboration across the architecture, engineering, and construction industries to improve the productivity and quality of the design, construction, and maintenance phases of a building. Rethinking construction is the key to increasing productivity. However, BIM has not been widely adopted in the construction industry. It is necessary to understand the main problems hindering the implementation of BIM, consider the appropriate strategies that can be applied to gain a deeper understanding of BIM, conduct a comprehensive and systematic analysis of the factors influencing the implementation of BIM. Based on a literature review, a questionnaire survey and the collection of statistical data, factors of a negative impact on the implementation of BIM were identified. The results show that key factors influencing BIM adoption include a lack of trained professionals, of investment in staff training, of BIM standardization, as well as the position of leadership in organizations. This article puts forward some proposals to promote the implementation of BIM and specific measures to implement the widespread use of BIM technology in the construction industry.

Keywords: Building Information Modeling, BIM, optimization, costs, projects, construction, costs, obstacles, benefits, implementation

Введение

В последние годы информационное моделирование зданий (BIM) оказало влияние на отрасль архитектуры, проектирования и строительства как одна из ведущих технологий, используемых в отрасли.

Информационное моделирование зданий все чаще используется для решения проблем производительности, которые давно преследуют строительную отрасль [1; 2]. Использование методов BIM, по сравнению с традиционными методами проектирования и строительства, помогают достичь координации, сотрудничества и интеграции всех участников процесса. Признавая вышеупомянутые преимущества, большинство предприятий начали использовать BIM в своих проектах и попытались больше не прибегать к традиционным методам, поскольку BIM увеличивает их производительность и значительно снижает количество затрат [3]. Хотя потенциальные преимущества технологий могут показаться очевидными, степень внедрения BIM в отрасли низкая [4]. Несмотря на то что на сегодняшний день доступны новейшие программные инструменты, ряд ограничений препятствует их широкому внедрению на предприятиях [5]. Внедрение BIM находится на начальной стадии. Правительство Российской Федерации способствует внедрению BIM, однако оно в значительной степени игнорируется предприятиями строительной отрасли.

В количественных исследованиях изучались факторы, влияющие на внедрение BIM. В основном их можно сгруппировать в функциональные требования и потребности технических инструментов и нетехнические стратегические вопросы [4]. С точки зрения времени, затрат и усилий, необходимых для внед-

Ivan I. Iushkin, postgraduate student, Department of Civil Engineering, Academy of Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation; ORCID: 0000-0001-5517-0646; ivan.yushkin92@gmail.com

Shaimaa Ghanim Hakim Alamedy, postgraduate student, Department of Civil Engineering, Academy of Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-2634-7216; 1042208079@rudn.ru

Nadezhda A. Stashevskaya, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Civil Engineering, Academy of Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation; Deputy Director of the Institute of Digital Technologies and Modeling in Construction, Associate Professor of the Department of Design of Buildings and Structures, National Research Moscow State University of Civil Engineering, 26 Yaroslavskoye Shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ORCID: 0000-0001-7178-1439, Scopus Author ID: 57184398900, eLIBRARY SPIN-code: 1831-7306; stashevskaya-na@rudn.ru

рения технологии, текущие инвестиции означают, что BIM вряд ли будет использоваться в небольших, простых проектах, где традиционное автоматизированное проектирование (CAD) остается достаточным [5]. Согласно исследованию состояния внедрения BIM в строительной отрасли, проблемы, с которыми сталкиваются предприятия, включают нехватку инвестиций, отсутствие навыков и возможностей использования BIM, медленную окупаемость инвестиций. Критические факторы, препятствующие внедрению BIM, должны быть идентифицированы и должны учитывать, какие стратегии могут быть приняты.

Обзор литературы

Концепция BIM впервые появилась в 1992 г. и была опубликована в журнале «Автоматизация в строительстве» в статье «Моделирование нескольких видов зданий» [6]. С тех пор исследования BIM постепенно интенсифицировались и получили несколько определений. В [7] BIM описано как объектно-ориентированная трехмерная модель, которая может обеспечивать визуализацию и моделирование здания. BIM можно рассматривать как новый способ совместной работы на протяжении всего жизненного цикла здания.

Национальный институт строительных наук (NIBS)¹ определил информационные модели зданий как цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта, которое служит общим ресурсом знаний для информации об объекте. BIM интерпретирует и передает атрибуты каждой системы здания одновременно через общую модель с большим количеством данных, которая помогает всем сторонам, участвующим в проекте. Эта автоматизированная модель обеспечивает более легкую передачу данных, документации и обмен идеями между различными дисциплинами [8]. Кроме того, информация о здании определяется как совместная методология, генерирующая данные, которые будут использоваться на различных этапах жизненного цикла здания, таких как проектирование, строительство, эксплуатация и обслуживание².

BIM можно рассматривать как основной способ повышения производительности. На ранних этапах исследования в большинстве статей BIM рассматриваются как техническое средство [9]. Более полное представление о BIM описывает его как процесс создания, хранения, управления, обмена и совместного использования информации о зданиях с возможностью взаимодействия и многократного использования [10].

Проектный характер и фрагментация строительной отрасли приводят к тому, что ее производительность отстает от других отраслей [2]. Появление BIM направлено на решение этой проблемы. В последнее время были опубликованы многочисленные исследования, подтверждающие, что BIM полезен, так как дает точную оценку затрат, экономит время, демонстрирует ошибки координации проектирования и представляет собой энергоэффективные проектные решения [11]. Исследователи выявили, что раннее внедрение управления объектами на стадии проектирования с помощью BIM может снизить затраты жизненного цикла [12].

В последнее время BIM становится все более популярным на строительных предприятиях. Во всем мире проведено множество исследований для выявления факторов, влияющих на принятие BIM. Внедрение BIM широко распространяется в США, Европе, Австралии и других развитых странах. Но по сравнению с развитыми странами развивающиеся страны не сформировали прогрессивного подхода к внедрению BIM.

Чтобы определить факторы, влияющие на внедрение BIM, разработано множество теоретических моделей. Предыдущие исследования пытались изучить внедрение технологий через распространение инноваций. Структура «технология – организация – среда» была впервые предложена Л.Г. Торнакким и М. Флейшером [13]. Она представляет собой модель технологического, организационного и экологического воздействия компаний в процессе принятия и внедрения технологических инноваций [14]. В ней описаны три аспекта, в которых предприятие решает внедрить технологию: технология, организация и среда. Техническая подготовка относится к внутренним и внешним технологиям, применяемым в настоящее время организацией, а также к технологиям, которые уже присутствуют на рынке, но еще не используются компанией. Под организационной структурой понимается размер компании, организационная структура и человеческие ресурсы. К окружающей среде относятся факторы, не зависящие от организации, такие как конкуренция, партнеры и отраслевая среда.

¹ National BIM Standard – US Version 3. National Institute of Building Sciences (NIBS) BuildingSMART Alliance; 2019. URL: <https://www.nationalbimstandard.org> (дата обращения: 12.01.2022).

² Ibid.

Факторы, связанные с внедрением BIM. Отчасти причиной того, что BIM находится на относительно низком уровне в строительной отрасли, считается нежелание отрасли изменять существующие методы работы, отсутствие обучения, разная готовность предприятий к увеличению затрат. Пуарье охарактеризовал BIM как технологическое новшество для строительных организаций [15]. В этом отношении данные свидетельствуют о том, что многие предприятия относятся к инновациям осторожно [16]. Жизненно важно выяснить влияющие факторы, чтобы получить более полное представление о внедрении BIM для предприятий.

Предприятия обычно делятся на малые, средние и крупные и определяются по ряду характеристик, учитывая количество сотрудников, оборот предприятия, размер активов и потребность в капитале. Малые и средние предприятия – это, как правило, компании, в которых работает примерно 10–300 сотрудников.

Обычно уровень внедрения инновационных технологий на малых и средних предприятиях ниже, чем в крупных. К примеру, К. Роджерс и соавт. выявили, что уровень понимания BIM в Австралии намного ниже среди малых и средних предприятий и что существует предвзятое отношение к требованиям и проблемам внедрения BIM [17]. Аналогично, согласно исследованию Лама, отмечено, что в Великобритании в настоящее время отсутствуют руководящие принципы и основы, помогающие большинству предприятий малого и среднего бизнеса принять обоснованное решение о внедрении BIM [18]. Как и в большинстве стран, такая же ситуация существует и в России. И хотя исследования подтвердили, что рост использования BIM предприятиями является ключевым условием для достижения трансформации строительной отрасли [18], процент внедрения BIM остается на крайне низком уровне.

Для среды BIM требуется покупка программного обеспечения, обучение сотрудников, но предприятия не хотят нести дополнительные затраты там, где можно использовать обычный традиционный 2D-метод. Ограниченность ресурсов, конкуренция также являются существенными препятствиями на пути внедрения BIM. Основываясь на количественном исследовании, В. Бельведер и соавт. установили, что многие фирмы не могут инвестировать в новейшие производственные практики и технологии, которые могут улучшить их производительность [19]. Фактически фирмы на рынке склонны применять надежные методы для обеспечения возврата инвестиций (ROI) [15]. В отсутствие достаточных доказательств использование BIM считается слишком рискованным [20]. В исследовании П.В. Оба отмечено, что использование BIM увеличивается по мере роста проекта [20]. BIM постепенно распространяется по всему миру, и коэффициент использования соответствующего программного обеспечения также увеличивается. По сравнению с большинством развитых стран внедрение BIM в развивающихся странах только начинается. Например, глубина и широта разработки BIM в России намного меньше, чем в Европе. Следовательно, есть еще много возможностей для улучшения его применения и продвижения. Технологии, правовая система, персонал, организация и экономика являются основными факторами, влияющими на внедрение BIM [1]. Между тем высококвалифицированные сотрудники, эффективное управление и лидерство, доступность информации и сложность самого проекта также влияют на внедрение BIM [21].

Согласно исследованию факторов, влияющих на внедрение BIM в европейской строительной отрасли, к факторам препятствий относятся время, затрачиваемое на обучение персонала, и большие инвестиции [22]. Кроме того, при практическом применении внедрения BIM отсутствие законов и нормативных актов, соответствующих стандартов и руководств по реализации препятствуют внедрению [23]. Основываясь на экономических, технических и юридических аспектах, можно обобщить причины, препятствующие применению BIM [24].

В текущих рыночных условиях существует множество проблем в применении и развитии BIM [23]. Исследование изучает применение и будущую тенденцию развития BIM на протяжении всего жизненного цикла строительных проектов, включая интересы и риски, и анализирует проблемы, с которыми придется столкнуться в процессе применения.

Преимущества внедрения BIM в проекты. По данным [12; 25; 26], BIM может быть реализовано на различных этапах жизненного цикла проекта (планирование, проектирование, строительство, эксплуатация и снос). Таким образом, продукт BIM представляет собой цифровую модель, которая предоставляет информацию, например о проекте (3D), планировании (4D), стоимости (5D) и анализе жизненного цикла (6D) [5; 7]. Н. Гу и К. Лондон [4] показали, что BIM необязательно использовать на всех этапах и мероприятиях проекта. Уровень реализации BIM в проекте может варьироваться от сложного междисциплинарного использования BIM в онлайн-среде для совместной работы на всех этапах жизненного цикла проекта до простых индивидуальных и специфичных задач [4].

В целом использование BIM обеспечивает экономию времени и затрат [25] в результате повышения эффективности, более четкой передачи информации, коллективных усилий, более точных проектных оценок и уменьшения количества изменений [27].

BIM улучшает процесс принятия решений, строительство, эксплуатацию и техническое обслуживание объектов, а также снижает количество изменений в проектах [25]. Использование BIM в проектах дает возможность совместной работы всех участников и обмен идеями и информацией более эффективным и организованным образом, чем при традиционном подходе [25].

Е.А. Пуарье [28] выявил увеличение производительности труда в пределах от 75 до 240 % в проектах с поддержкой BIM. В другом исследовании сокращение количества изменений привело к экономии 42 % стандартных затрат, а сокращение продолжительности проекта привело к экономии 67 % по сравнению со стандартной продолжительностью [29].

Более 40 % специалистов строительной отрасли, связанные с использованием BIM заявили, что ценность BIM имеет решающее значение на этапе разработки проекта. Проектировщики используют BIM для оценки вариантов проектирования и автоматического создания точных 2D-чертежей из 3D-модели [30]. BIM помогает быстро передавать информацию между различными разделами проектирования [30] и таким образом способствует их взаимодействию [31]. BIM позволяет проектировщикам минимизировать ошибки и неточности в документах, уменьшить количество переделок и сократить время проектирования. Благодаря внедрению BIM проектировщики могут автоматизировать разработку строительной документации, такой как рабочие чертежи, которые легко генерируются для многих систем здания из рабочей модели. Эта автоматизация строительной документации дает возможность инженерам тратить больше времени на разработку проекта, а не на изменение документации, а также обеспечивает более высокую точность чертежей и снижает риски [32–34].

Кроме того, информационные модели построения предоставляют возможность выполнять обзор соответствия нормам [35], оценку затрат и анализ устойчивости на ранних стадиях проектирования [27].

Инженеры используют информационные модели зданий для координации строительных систем, обнаружения конфликтов в проекте и незамедлительного сообщения об этих проблемах ответственным за ошибки [25]. Строители используют BIM для расчета объемов и оценки затрат, а также для планирования графиков проектов и для управления ходом строительства [25]. BIM улучшает планирование и составление графиков выполнения работ всеми участниками строительного процесса.

BIM может быть полезен для доступа к информационным моделям зданий и запросам информации на строительной площадке, для решения любых строительных проблем на месте, как только они возникают [25], для визуализации последовательности строительных работ, что особенно важно и полезно в случае сложных проектов [2]. BIM полезен для создания базы данных информации, получаемой на строительной площадке на этапе строительства. BIM облегчает сборку компонентов здания за пределами объекта, что снижает стоимость и продолжительность выполнения работ по проекту [2]. Кроме того, технология BIM применяется на строительных площадках с использованием мобильных устройств, например портативных планшетов. Используя мобильные устройства, команда на месте может создавать, перемещать, изменять, получать доступ и проверять информационную модель здания и ее атрибутов, работая в режиме реального времени.

Внедрение BIM дает компаниям конкурентное преимущество, гарантируя владельцам максимальную отдачу от их инвестиций. Компании, работающие с государственными заказами, накопили статистику, указывающую на то, что основанные на BIM проекты дают возможность получения строительных продуктов более высокого качества, что приводит к снижению затрат [29]. BIM увеличивает вовлеченность заказчиков, обеспечивая более четкую и точную визуализацию проекта. Это упрощает общение с заказчиками, поскольку объемные 3D-модели дают более полное понимание объекта проектирования, чем 2D-чертежи [36].

Препятствия к использованию BIM. Несмотря на все преимущества внедрение BIM происходит медленно [7]. Отсутствие плана внедрения BIM, необходимость изменения культуры внутри организации, организационные проблемы, повышенный риск при использовании BIM и сложность разработки информационной модели здания являются основными препятствиями [25]. Согласно [35], самые большие препятствия на пути к успеху BIM – отсутствие групповой заинтересованности в его использовании и низкий уровень сотрудничества между членами команды проектировщиков и непосредственных исполнителей работ.

Внедрение BIM сопряжено с первоначальным финансовым бременем, которое заставляет компании сопротивляться использованию BIM из-за затрат, связанных с покупкой программного обеспечения и обучением сотрудников [25; 26]. Помимо технических проблем, человеческий фактор является серьезным

препятствием: отсутствуют специалисты, знающие BIM в области проектирования и строительства [25; 26]; персоналу не хватает формального обучения BIM, что мешает успеху проекта [25; 26]; уровень опыта BIM от одного члена проектной группы к другому неодинаков, и это дополнительно ограничивает потенциал BIM [34]. Решающим элементом успешного использования BIM является уровень вовлеченности всех участников проекта. Дополнительной проблемой является сопротивление непосредственных исполнителей работ новым технологиям и изменениям в традиционных процедурах [2; 25]. Это сопротивление препятствует полному внедрению BIM в практику компании [2; 25; 26; 34]. Кроме того, незнание процесса внедрения BIM препятствует его использованию.

Методология

На внедрение BIM влияет множество факторов. Только с помощью существующих в литературе методов исследования трудно обоснованно классифицировать ключевые из них. Цель исследования – получить представление об использовании BIM проектировщиками и непосредственными исполнителями строительных работ. Для достижения этой цели на основе обзора литературы методом исследования был выбран опрос. Вопросы были сгруппированы в следующие основные разделы: использование BIM на уровне компании, использование BIM на уровне проекта, использование BIM на уровне строителей, предполагаемые преимущества использования BIM и предполагаемые препятствия для использования BIM.

Анкета опроса была отправлена по электронной почте архитекторам, инженерам, заказчикам и строителям. Всего по электронной почте были получены ответы от 100 участников: 70 от проектных бюро и 30 от строительных компаний.

В анализ были включены анкеты только 45 участников, которые ответили на вопрос о том, использовали они BIM или нет. Ответы проанализированы с использованием описательной статистики. Метод перекрестной таблицы применен для анализа ответов в соответствии с ролью респондента в процессе проектирования и строительства, чтобы определить результаты по дисциплинам.

Результаты и обсуждение

Респондентам был задан ряд вопросов относительно внедрения BIM в их компаниях. BIM использовали порядка 30 % опрошенных специалистов. Что касается конкретных направлений, большинство инженеров-строителей, архитекторов, дизайнеров и подрядчиков заявили, что слышали о BIM или только начинают использование в своей практике.

Отвечая на вопрос о движущих силах внедрения BIM в проекты, большинство проектировщиков сочли менеджмент главной движущей силой, в то время как меньшинство заявило, что клиенты и конкуренция со стороны других компаний стимулировали внедрение BIM. Однако большинство архитекторов и строителей считали заказчиков основной причиной внедрения BIM. Это очень важный вывод, поскольку он показывает, что владельцы/клиенты могут поощрять использование BIM.

Вместе с этим в вопросе о коммерческой ценности использования BIM, которую реализовали их компании, большая часть проектировщиков ответили, что их компании только начинают видеть потенциальную ценность использования BIM.

Участников опроса спросили о текущих методах, которые применяют их компании для поощрения использования BIM. Часть ответивших проектировщиков заявили, что их компании требуют использования BIM, и более трети проектировщиков заявили, что их компании проводят обучение BIM. Большинство ответивших архитекторов, инженеров-проектировщиков и строителей ответили, что их компании проводят обучение BIM, чтобы стимулировать его использование.

Все ответившие инженеры считали, что найм новых квалифицированных специалистов по BIM – хороший способ приобрести опыт в области BIM для компании, но в то же время большинство строителей, архитекторов и проектировщиков полагали, что внутреннее обучение было бы лучшим способом приобретения опыта BIM.

По мнению опрошенных использование BIM отлично подходит для 3D-визуализации и автоматизации выпуска документации, а также для обнаружения конфликтов в большинстве проектов. Использование BIM для 3D-визуализации является важным открытием, поскольку указывает на потенциал BIM для лучшего понимания проекта. На этапе строительства BIM, по данным опрошенных, использовался в основном для количественного анализа, оценки, планирования и 4D-моделирования строительных работ, поскольку это основной объем их работы. Все респонденты, независимо от их дисциплины, отметили менее частое использование BIM на этапе эксплуатации и технического обслуживания проектов. Причи-

на этого может быть в том, что опрошенные не задействованы в эксплуатации и техническом обслуживании зданий.

Была исследована взаимосвязь между ролью опрошенных и этапом жизненного цикла возводимого здания, поскольку респонденты в первую очередь делятся информацией BIM при работе над проектированием и строительством для того, чтобы понять уровень совместного использования информации участниками проекта.

Архитекторы делились информацией BIM в первую очередь с инженерами и заказчиками и в меньшей степени со строителями. Инженеры-проектировщики делились информацией с архитекторами и смежными подразделениями, но реже с заказчиками и подрядчиками. Строители делились BIM-информацией с проектировщиками, архитекторами и заказчиками. В целом ответы показали сотрудничество между различными заинтересованными сторонами, обусловленное конкретной фазой проекта и объемом конкретной работы.

На вопрос о программном обеспечении BIM, которое их компания использует, как и ожидалось, подавляющее большинство архитекторов ответили, что они использовали Revit™ Architecture. Инженеры-строители в основном использовали Revit™ Structure вместе с Tekla Structures™ и Navisworks™. Инженеры MEP использовали в основном Revit MEP™ и Revit Structure™. Строители почти в равной степени использовали Navisworks™ и Revit Architecture™, Revit MEP™ и Revit Structure™. Таким образом, программное обеспечение Autodesk было наиболее часто используемым программным обеспечением BIM в различных областях. Меньшее количество респондентов использовали ArchiCAD™, Bentley™, VICO Construction™, Bentley Facilities Management™ и Digital Project™.

Все опрошенные респонденты, независимо от их участия в жизненном цикле здания, согласились, что BIM помогает автоматизировать документацию. Архитекторы и инженеры подтвердили, что BIM полезно для оценки различных вариантов проектирования. Все респонденты согласились с тем, что BIM полезен для снижения рисков проекта, потому что помогает обнаруживать ошибки, упущения и конфликты до начала строительства.

Строители согласились с тем, что использование BIM выгодно для уменьшения количества переделок проектов, заказов на изменение. Использование BIM помогло сократить время выполнения проекта, а также уменьшить использование материалов и отходов на стройплощадке. Как и ожидалось, строители отметили, что BIM помогло им снизить затраты на строительство.

Респонденты также согласились, что BIM полезен для увеличения вовлеченности заказчика и предоставления заказчику более четкого визуального понимания 3D-модели объекта как при проектировании, так и при строительстве. Респонденты отметили, что использование BIM в качестве нового маркетингового инструмента для фирм было выгодным, поскольку оно помогало привлечь клиентов. Строители заявили, что BIM помогает повысить производительность и эффективность на объекте строительства.

Инженеры-проектировщики и строители согласились с тем, что BIM полезен для создания точных реальных моделей. Исполнительная документация, подготовленная подрядчиком и переданная владельцу для использования на этапе эксплуатации и технического обслуживания проекта, является важным конечным результатом проекта.

Все респонденты, за исключением архитекторов, согласились с тем, что BIM улучшает взаимодействие между дисциплинами.

Предполагаемые препятствия для использования BIM. Респонденты считают, что стоимость программного обеспечения и уровень заработных плат профессионалов BIM были препятствием, которое, скорее всего, помешало бы более широкому внедрению BIM в проекты. По словам респондентов, отсутствие измеримых выгод от использования BIM, вероятно, мешает использованию BIM. Кроме того, респонденты указали, что будет трудно оправдать использование BIM в небольших проектах.

Все респонденты полагали, что недостаточный спрос на использование BIM со стороны заказчиков с некоторой вероятностью может помешать использованию BIM.

Относительно препятствий, связанных с навыками использования BIM, респонденты отметили, что отсутствие опыта и необходимость в обучении, скорее всего, также мешают использованию BIM. Кроме того, респонденты отметили наибольшее количество профессионалов, разбирающихся в BIM, в отрасли архитектуры, проектирования и строительства.

Отвечая на вопрос о юридических проблемах как потенциальных препятствиях для использования BIM, респонденты ответили, что отсутствие стандартов BIM будет препятствовать его внедрению. Респонденты считают, что отсутствие приоритета, установленных законов и правил использования BIM с умеренной вероятностью может мешать внедрению BIM.

Заключение

Изучено использование BIM строительной отрасли. Проанализированы мнения профессионалов в области проектирования и строительства о внедрении BIM компаниями, применении BIM в проектах, преимуществах использования и препятствиях внедрения BIM. В опросе участвовали архитекторы, инженеры-проектировщики, заказчики и строители. Большинство респондентов, которые не использовали BIM, были бы заинтересованы во внедрении BIM в будущем. Опрошенные заявили, что часть сотрудников в их компаниях начинают постепенно осваивать BIM.

Основными преимуществами BIM являются трехмерная визуализация, автоматизация документации и обнаружение конфликтов.

Совместное использование BIM между различными участниками проекта определяется этапом проекта и объемом работ по дисциплине. Использование BIM выгодно на всех этапах реализации проектов. Архитекторы и инженеры-проектировщики полагают, что использование BIM приносит пользу на этапе проектирования проекта, в то время как инженеры-строители видят преимущества использования BIM как на этапе проектирования, так и на этапе строительства. Заказчики считают, что использование BIM практически одинаково ценно на всех этапах проекта. Восприятие других потенциальных преимуществ отличалось из-за их специфического объема работы.

Относительно конкретных препятствий, которые могут помешать использованию BIM в проектах, большинство респондентов указали кадровые проблемы и стоимость внедрения. Что касается юридических споров, связанных с использованием BIM, большинство респондентов заявили, что их компании не сталкивались с таковыми.

Сравнение результатов настоящего исследования и предыдущих показало, что большинство текущих выводов о преимуществах и препятствиях для использования BIM соответствуют результатам предыдущих исследований.

Теоретический вклад данного исследования заключается в выделении и обсуждении ключевых факторов, влияющих на внедрение BIM, с точки зрения заинтересованных сторон.

По результатам исследования предлагается три стратегии, а именно: развитие восприятия BIM на предприятиях строительного цикла, укрепление правовой среды для внедрения BIM, разработка собственного программного обеспечения и стандартов, а также облачных технологий.

Эти стратегии служат убедительным ориентиром для строительных предприятий и разработчиков программного обеспечения по применению соответствующих подходов для расширения внедрения BIM. Например, государственные ведомства могут проводить учебные мероприятия для повышения осведомленности о BIM, а разработчики программного обеспечения создавать отечественное программное обеспечение, которое наилучшим образом соответствует текущим реалиям российского рынка.

У исследования два основных ограничения. Во-первых, использовался небольшой опрос из-за того, что исследователям было сложно найти достаточное количество интервьюируемых. Во-вторых, не все группы заинтересованных сторон, вовлеченные во внедрение BIM, были включены в анкетирование. Субподрядчики, поставщики оборудования и материалов, сметчики, а также управляющие компании, сантехники и многие другие также являются заинтересованными сторонами, связанными с внедрением BIM. Поэтому для проведения последующих исследований следует пригласить более широкую группу заинтересованных сторон.

Список литературы / References

1. Cao D., Wang G., Li H., Skitmore M., Huang T., Zhang W. Building Information Modeling practice and effectiveness in construction projects in China. *Building Automation*. 2015;49:113–122. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.10.014>
2. Eastman C., Teicholtz P., Sachs R., Liston C. *BIM handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. Wiley Publ.; 2011.
3. Fan S.L., Skibniewski M.J., Hung T.W. Building Information Modeling effects during construction. *Journal of Applied Science and Engineering*. 2014;17(2):157–166. <https://doi.org/10.6180/jase.2014.17.2.06>
4. Gu N., London K. Understanding and facilitating the implementation of BIM in the AEC industry. *Automation in Construction*. 2010;19(8):988–999. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.002>
5. Kuider T., Paterson J. BIM as a viable collaboration tool: a case study. *Proceedings of CAADRIA, Nanjing, China, April 19–21*. Nanjing; 2007. p. 57–68.

6. Van Nederveen G.A., Tolman F.P. Modelling multiple views on buildings. *Automation in Construction*. 1992; 1(3):215–224. [http://doi.org/10.1016/0926-5805\(92\)90014-B](http://doi.org/10.1016/0926-5805(92)90014-B)
7. Miettinen R., Paavola S. Beyond the BIM utopia: approaches to Building Information Modeling development and implementation. *Building Automation*. 2014;4:84–91.
8. Azhar S. Building Information Modeling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC Industry. *Journal of Leadership and Management in Engineering*. 2011;11(3):241–252. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
9. Santos R., Costa A.A., Grilo A. Bibliometric analysis and review of Building Information Modeling literature published between 2005 and 2015. *Automation in Construction*. 2017;80:118–136. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.03.005>
10. Vanlande R., Nicolle C., Kruse C. IFC and building lifecycle management. *Automation in Construction*. 2008; 18(1):70–78. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.05.001>
11. Bride D., Broquetas M., Volm J.M. The benefits of Building Information Modeling (BIM). *International Journal of Project Management*. 2013;31(7):971–980. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001>
12. Wang J., Wang H., Wang J., Jung P., Jun G. Involving facility management at the design stage with BIM: a framework and case study. *Advances in Civil Engineering*. 2013;2013(3):189105. <https://doi.org/10.1155/2013/189105>
13. Tornacki L.G., Fleischer M. *Processes of Technological Innovation*. Lexington Books; 1990.
14. Drazin R. Technological innovation processes. *Journal of Technology Transfer*. 1991;16(1):45–46. <https://doi.org/10.1007/BF02371446>
15. Poirier E., Staub-French S., Forg D. Embedded contexts of innovation. *Construction Innovation*. 2015;15(1):42–65. <https://doi.org/10.1108/CI-01-2014-0013>
16. Sexton M., Barrett P. A literary synthesis of innovation in small construction firms: ideas, ambiguities, and questions. *Construction Management and Economics*. 2010;21(6):613–622. <https://doi.org/10.1080/0144619032000134156>
17. Rogers C., Hosseini M.R., Chiles N., Rameisdin R. Building Information Modeling (BIM) in Australia’s small and medium-sized construction-related enterprises: awareness, methods and drivers. *31th Annual ARCOM Conference, 7–9 September 2015, Lincoln, UK*. Lincoln: Association of Researchers in Construction; 2015. p. 691–700.
18. Lam T.T., Mahjoubi L., Mason J. A framework to help analyze the risks and benefits of implementing BIM for SMEs in the UK. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2017;23(6):740–752. <https://doi.org/10.3846/13923730.2017.1281840>
19. Belvedere V., Grando A., Papadimitriou T. Responsiveness of Italian SMEs: dimensions and determinants. *International Journal of Industrial Research*. 2009;48(21):6481–6498.
20. Oba P.V. Opportunities and barriers for BIM implementation in the German AEC market: findings from current market analysis. *30th eCAADe Digital Physics Conference*. Prague: Czech Technical University; 2012. p. 151–158.
21. Liu Y., Nederveen S.W., Hertog M. Understanding the impact of BIM on collaborative design and construction: an empirical study in China. *International Journal of Project Management*. 2016;35(4):686–698. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.06.007>
22. Azhar S., Hein M., Blake S. Building Information Modeling (BIM): benefits, risks, and challenges. *Proceedings of ASC’s 44th Annual CDROM Conference*. Auburn; 2008.
23. Isikdag U. Design patterns for BIM-based service-oriented architectures. *Building Automation*. 2012;25:59–71. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2012.04.013>
24. Mutai A. *Factors influencing the use of Building Information Modeling (BIM) by leading construction firms in the United States of America*. Terre Haute: Indiana State University; 2009.
25. Ahn Y., Kwak H., Suk J. Contractor transformation strategies for implementing Building Information Modeling. *Journal of Management in Engineering*. 2015;32:1–13. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000390](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000390)
26. Geisari M., Irizarri J. Research on the human and technological requirements for the successful implementation of BIM-based augmented reality mobile environments into facilities management practice. *Facilities*. 34(1/2):69–84. <https://doi.org/10.1108/F-04-2014-0040>
27. Liu Y., van Nederveen S., Wu K., Hertog M. Sustainable Infrastructure design framework through the integration of rating systems and Building Information Modeling. *Advances in Civil Engineering*. 2018;2018:8183536. <https://doi.org/10.1155/2018/8183536>
28. Poirier E.A., Staub-French S., Forgues D. Measuring the impact of BIM on productivity in a small, specialized contracting plant through action research. *Building Automation*. 2015;58:74–84.
29. Hurtado K., Sullivan K. How to measure the benefits of BIM – a case study approach. *Building Automation*. 2012;24:149–159.
30. Olbina S. Building Information Modeling to support sustainable design and construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2013;139(1):24–34.

31. Keegan K. *Building Information Modeling to support space planning and renovation in colleges and universities* (a thesis submitted to the faculty of Worcester Polytechnic Institute in partial fulfillment of the degree of Master of Science in Construction Project Management). Worcester: Worcester Polytechnic Institute; 2019.
32. Hosseini M.R., Banihashemi S., Chileshe N. BIM adoption within Australian small and medium-sized enterprises (SMEs): an innovation diffusion model. *Construction Economics and Building*. 2016;16(3):71–86. <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v16i3.5159>
33. Vaughn J., Lee J., Dossik K., Messner J. What to focus on for successful implementation of Building Information Modeling within an organization. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2013;139(11):432–444. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000731](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000731)
34. Forgues D., Souha Tahrani, Schmitz D. Improving efficiency and productivity in the construction sector through the use of information technology. NRC Industrial Research Assistance Program. Quebec; 2012.
35. Dodge Data and Analytics, SmartMarket brief: BIM advancements, Dodge Data and Analytics. New York; 2019.
36. Azhar S. Building Information Modeling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Journal of Leadership and Management in Engineering*. 2011;11(3):241–252.