

В данной статье представлены результаты системного анализа внедрения BIM технологии в архитектурно-строительную индустрию в национальном масштабе. Выявлены и структурированы факторы, оказывающие влияние на этот процесс. Анализ данных факторов проведен на основе пяти примеров. Для выявления и сопоставления разницы в процессах в качестве примеров рассматривались внедрение в развитых и развивающихся странах – США, Сингапуре, Великобритании, Казахстане и России. Во всех случаях рассмотрены первые программы внедрения и их результаты. Приведена комплексная оценка опыта внедрения каждой из стран с учетом выявленных факторов. Методика анализа, представленная в статье, предлагается для использования и усовершенствования в новых исследованиях внедрения BIM в национальном масштабе для оценки зарубежного и локального опыта.

Ключевые слова: архитектурное проектирование; информационное моделирование зданий; BIM; опыт внедрения в национальном масштабе; методика оценки; факторы оценки.

This article presents the results of a systematic analysis of nationwide implementation of BIM technology in the architecture and construction industry. The factors influencing this process are identified and structured. The analysis of these factors is based on five examples. To identify and compare differences in the processes, the authors considered the implementation in developed and developing countries – the USA, Singapore, the UK, Kazakhstan and Russia. In all cases, the first implementation programmes and their results were examined. The article provides a comprehensive assessment of each country's implementation experience, taking into account the identified factors. The analysis methodology presented in the article is proposed for use and improvement in new studies of nationwide implementation of BIM to evaluate foreign and local experiences.

Keywords: architectural design; building information modelling; BIM; nationwide implementation experience; assessment methodology; assessment factors.

Анализ национального опыта внедрения BIM / Analysis of the national experience in BIM implementation

Введение

С конца XX – начала XXI века в архитектуре и строительстве одной из основных тенденций является стремление к гармоничной рационализации в проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. Обобщенно это направление известно под термином «устойчивая архитектура». Устойчивая архитектура не только привлекла внимание к новейшим технологическим решениям, но и стала одним из важных шагов к переосмыслению всей строительной отрасли в целом, в том числе ее низкой эффективности по сравнению с другими отраслями.

Прежде всего это коснулось развитых стран с технологичным, высококонкурентным строительным рынком. Так, наряду с другими данными, сопоставление продуктивности труда за последние 60–70 лет, проведенное McKinsey Global Institute показало, что современный уровень строительства в США оказался по продуктивности труда на уровне 1950-х, в то время как в производстве и сельском хозяйстве аналогичный показатель вырос в 8 и 16 раз соответственно (рис. 1). Вопрос повышения продуктивности и эффективности процессов в строительстве стал объектом внимания национального масштаба, а поиск и внедрение решений позволяющих решить проблему – одной из задач государственного и даже международного уровня. В качестве одного из наиболее популярных

решений выдвинулось использование технологии Building Information Modeling (далее BIM).

Многочисленные исследования, проведенные на данный момент, позволяют судить о составляющих успешного внедрения BIM на уровне компании [3–5]. Можно отметить также статьи, в которых рассматривается внедрение на государственном уровне [6–9]. Однако в них выявлено лишь часть факторов и связей влияющих на процесс внедрения.

В данной статье выявлены критически важные факторы при внедрении BIM на государственном уровне. Раскрывается роль данных факторов и методика оценки процесса внедрения по каждому. С использованием предложенного подхода раскрывается процесс внедрения на примере лидеров во внедрении BIM – США, Великобритании и Сингапура, а также при внедрении в России и Казахстане. При этом раскрываются существенные различия в результативности внедрения, возникшие проблемы и их причины. В каждом из примеров рассматривается первый этап внедрения в рамках программ и периодов, указанных в табл. 1.

Таблица 1. Общие сведения об изученных программах

Страна	Название программы	Период осуществления
США	3D-4D-BIM Program	2003–2007
Сингапур	BIM Roadmap	2010–2015
Великобритания	The UK Government Construction Strategy	2011–2016
Россия	План поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства	2014–2019
Казахстан	План мероприятий по внедрению BIM-технологий при проектировании объектов строительства	2017–2022

текст

Владимир Яскевич
Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева

Болат Куспангалиев
Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева

Антон Ходжихов
Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева /

text

Vladimir Yaskovich
Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev

Bolat Kuspangaliyev
Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev
Anton Khodzhikov
Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev

< Рис. 1. Продуктивность труда в строительстве по отношению к другим отраслям в США с 1947 по 2010 год. По материалам McKinsey Global Institute [1]



> Рис. 2. Иерархическая структура факторов, определяющих внедрение BIM на национальном уровне



Структура и оценка факторов внедрения BIM в национальном масштабе

Основной целью исследования является формирование системного подхода к анализу опыта внедрения BIM в национальном масштабе. По видению авторов, это поможет сформулировать, при каких условиях возможно наиболее эффективное внедрение BIM на уровне государства, и помочь странам, планирующим осуществить этот процесс, сделать это наиболее эффективно. Для этого на основе анализа существующих исследований были выявлены факторы, влияющие на процесс и результат внедрения. Было выделено три группы факторов, как показано на рис. 2.

Предлагаемая структура имеет иерархический характер: факторы, располагающиеся ниже, имеют более обширный и масштабный характер, а также оказывают большее влияние на располагающиеся выше. Каждый из факторов, в свою очередь, содержит описание определенных показателей, которые позволяют судить о его уровне. Далее приведено описание факторов и параметров их оценки, а также соответствующая информация по рассматриваемым примерам (табл. 2–4).

Условия внедрения – самая масштабная группа, которая содержит факторы, описывающие среду внедрения. Эти условия определяют реакцию индустрии на усилия государства по внедрению BIM, что очень важно для результативности принимаемых мер (табл. 2).

Социально-экономические условия. Для оценки предлагается три наиболее общих показателя – индекс демократии (выявляет уровень диалога между государством, индустрией, наукой, заказчиками и др.), индекс корруп-

ции (указывает на результативность вложений в государственные программы, их эффективность, доверие к ним), ВВП на душу населения (раскрывает уровень экономики страны с учетом численности населения).

Характеристики рынка. Были выбраны такие характеристики как ВВП строительной индустрии (иллюстрирует размер строительного рынка), средняя стоимость квадратного метра (может быть соотнесена с технологичностью и производительностью строительства), рентабельность строительной отрасли (отражает уровень конкуренции и отношение индустрии к рискам) [10].

Состояние технологии. Самыми наглядными характеристиками являются уровень использования BIM в процентах от общей практики, наличие практической базы (значительных проектов, осуществленных с применением BIM), уровень зрелости BIM [8]. Эти параметры указывают на то, что технология пригодна для решения существующих в стране практических задач в имеющихся условиях рынка, пользуется определенным спросом и доверием. Также рассматривается степень изученности технологии (как давно изучается, характер и популярность исследований) и, соответственно, мера поддержки внедрения научным сообществом.

Организационные факторы демонстрируют, каким образом осуществлялись подготовка, планирование и реализация внедрения (табл. 3).

Предварительный анализ. Данный пункт раскрывает анализ текущего состояния индустрии и технологии, обзор мирового опыта, проведенные в рамках подготовки внедрения, а также концепцию внедрения, в первую очередь постановку целей и задач.

Организационная структура, принципы и условия работы над внедрением. Организационная структура определяет распределение ответственности и обязанностей, формирует материальные, информационные, легитимные и другие возможности. Состав рабочих групп обуславливает вовлечение участников индустрии, а принципы работы определяют их взаимоотношения между собой и индустрией в целом.

Финансирование. Важно, какими ресурсами обладает организация, ответственная за внедрение, откуда она получает финансирование, каким образом его распределяет, имеет ли непосредственный интерес к тем выгодам,

Таблица 2. Условия внедрения BIM

Факторы		Страны				
		США	Сингапур	Великобритания	Россия	Казахстан
Социально-экономические условия	Индекс демократии	77,5 (15 в мире)	66,6 (39 в мире)	79,2 (12 место в мире)	3,39 (132 в мире)	3,06 (141 в мире)
	Индекс коррупции	7,5 (18 в мире)	9,3 (1 в мире)	7,8 (16 место)	27 (136 в мире)	31 (122 в мире)
	ВВП на душу населения	51 500 USD	78 300 USD	42 000 USD	26 000 USD	9 200 USD
Состояние индустрии	ВВП строительной индустрии	525 млрд USD	12 млрд USD	180 млрд USD	93 млрд USD	10,4 млрд USD
	Средняя стоимость м ²	1 620 usd	11 400 usd	3 900 usd	1500 usd	1000 usd
	Рентабельность строительной отрасли	3 %	Низкие доходы, высокая конкуренция	2,5 %	2,4 %	17,3 %
Состояние технологии	Уровень использования BIM	Отдельные компании	Менее 10 %	13 %	Отдельные компании	Отдельные проектные компании
	Значимые постройки с использованием BIM (примеры)	Концертный зал Уолта Диснея (Фрэнк Гэрри)	Marina Bay Sands, здание Музея науки и искусства	Аэропорт Heathrow, мост Swansea Sail, стадион Wembley	Олимпийские объекты (2014 г.)	Нет. Только отдельные проекты локального значения
	Уровень изучения технологии	Изучается с 1960-х гг. Публикации в основном теоретического характера	Ограниченное количество публикаций в основном теоретического характера	Изучается с 1970-х гг. Работы как теоретического, так и практического характера	Изучается с 1980-х гг. Растущий научный интерес	На начальной стадии. Отдельные исследования теоретического характера

Примечание. Приведенные данные относятся к началу процесса внедрения в соответствующем государстве.

Таблица 3. Организационные факторы

Факторы		Страны				
		США	Сингапур	Великобритания	Россия	Казахстан
Предварительный анализ	Анализ между-народного опыта внедрения	Первый опыт внедрения на государственном уровне	Анализ американского опыта	Анализ и интерпретация американского опыта	Анализ международного опыта	Анализ международного опыта
	Исследование локального рынка	Исследования эффективности строительной отрасли	Анализ существующего опыта использования BIM стране	Анализ строительной индустрии и государственных расходов в этой сфере	Ограниченное представление	Ограниченное. В основном – нормативно-правовые аспекты
	Постановка целей и задач	Достижение целей устойчивой архитектуры, в частности сокращение энергопотребления новых государственных объектов на 30 %	Автоматизация экспертизы (CORENET), уровень использования BIM – 80 %, сокращение числа низкоквалифицированных строителей, технологическое лидерство	Снижение стоимости строительных работ, производимых за государственный счет на 20 %	Снижение издержек и рисков в строительстве, повышение производительности и качества	В основном создание нормативно-правового поля для применения BIM
Организационная структура, принципы и условия работы над внедрением (в период реализации программы)	Основные задействованные организации	Управление общих служб США (GSA), Служба общественных зданий (PBS)	Строительное управление Сингапура (BCA), Консультативная группа по BIM	Отдел строительного сектора Министерства по инновациям и навыкам бизнеса (BIS), Инфраструктура Великобритании (IUK), Правительственный совет по строительству (GCB)	Минстрой РФ, Росстандарт, Минэкономразвития России, Минфин России, Минюст России, ФАС России, ФАУ «Главгосэкспертиза России» и др.	АО «КазНИИСА», РГП «Госэкспертиза», ПА «KAZGOR», ТОО «НИИ «Алматыгенплан» и др., ведущую роль имели частные организации
	Возможности рабочей группы	В рамках работы GSA. 193 проекта (12,4 млрд USD)	Вся строительная отрасль	40 % строительного рынка (более 70 млрд USD)	Ограниченные связи с размытой ответственностью и бюрократизацией	Очень ограниченные
	Охват различных участников отрасли	Ограниченный, в рамках проектов GSA. International Alliance for Interoperability, Autodesk, BIME, Stanford University, и др.	Все крупные компании и профессиональные ассоциации, Singapore Institute of Architects, Institute of Engineers Singapore, Association of Consulting Engineers Singapore, BIM Academy of the built environment	Группа подрядчиков Великобритании (Build UK), Ассоциация строительных товаров (CPA), Альянс технологий BIM и др.	Отдельные частные и общественные организации («Конкуратор», buildingSMART на базе НАИКС)	Участники рабочей группы и отдельные представители индустрии (BI Group)
	Взаимодействие с индустрией	Ограниченное, в основном в рамках работы GSA	Активное, двустороннее, на базе интернет-ресурсов, мероприятий, сообществ	Активное, двустороннее, на базе интернет-ресурсов, мероприятий, сообществ	Затрудненное, в рамках официальных процедур. Основная инициатива – со стороны индустрии	Ограниченное, в виду пассивного отношения индустрии, недоверия к целесообразности внедрения
Финансирование	Отдельное финансирование программы	Стимулирование в размере 5 млрд USD	BIM Fund, 250 млн USD (в составе Фонда повышения производительности и потенциала строительства)	730 млн USD, в рамках рассматриваемой программы	Финансирование в рамках дорожной карты по внедрению BIM	650 тыс. USD (2017–2019)
	Финансирование участников	В рамках бюджета GSA (12 млрд USD)	В рамках бюджета BCA	Бюджет, выделяемый на строительство и обслуживание гос. объектов	В рамках финансирования программы по цифровизации в строительстве	В рамках бюджета участников рабочей группы
	Занятость ответственных исполнителей	Оптимизация собственных расходов GSA на строительство и обслуживание	Формирование привлекательной инвестиционной среды	Оптимизация расходов на строительство и обслуживание	Развитие индустрии	Косвенная. Участники рабочей группы практически не имеют отношения к финансированию гос. проектов

Таблица 4. Показательные факторы

Факторы		Страны				
		США	Сингапур	Великобритания	Россия	Казахстан
Государственная политика и мандаты	Условия мандата и дата внедрения	Все объекты (GSA и Армия США) с 2006 г., свыше 5 млн USD (в штате Висконсин) с 2009 г.	Все объекты (более 460 кв. м) с 2014 г.	Все проекты с государственным финансированием, BIM Level 2, с 2016 г.	В рамках рассматриваемого этапа не было утверждено	В технологически сложных объектах с государственным финансированием (с 2022 г.), на настоящий момент нет примеров применения
	Информационная, организационная и материальная поддержка	Руководства по внедрению	GSA BIM Guide	Singapore BIM Guide	UK BIM Framework	Независимые порталы, компании, вендоры программного обеспечения (Isicad.ru, «Конкуратор», Renga Software, Autodesk и др.)
Обучение специалистов		В рамках проектов GSA	Академия BCA	Целевая группа ((BIM) Task Group)	Нет. Только независимая подготовка в отдельных компаниях	
Формирование спроса		В рамках проектов GSA	За счет мандата	Целевая группа ((BIM) Task Group)	Нет. Только инициатива отдельных компаний	
Компенсация расходов на внедрение		Нет	Частичная, при достижении необходимых показателей	Нет	Нет	Нет
Отраслевые стандарты и лучшие практики	Виды BIM стандарты	US National BIM Standard	Codes of Practice for BIM e-Submission	серия ISO 19650	ГОСТ Р 58439.1 и 2 (отменены вскоре после внедрения)	Серия рекомендательных нормативно-технических документов
	Выделение лучших практик и их изученность	Наиболее удачный опыт исследуется и ложится в основу обновлений стандартов и руководств	BIMсправочник по Сингапуру		Усилиями независимых компаний и объединений (Isicad.ru, «Конкуратор», Renga Software, Autodesk и др.)	Нет. Только в частном порядке в отдельных компаниях
	Использование в строительстве знаковых объектов	Херст-тауэр (2003–2006), Комкаст-центр (2005–2008), Башня Банка Америки (2004–2009)	The Jewel в аэропорту Чанги (2014–2019), комплекс Asia Square (2009–2013), Комплекс Interlace (2007–2013), Gardens by the Bay (2007–2012)	Олимпийские стадионы и Международный центр телерадиовещания, Crossrail и др.	«Лахта-центр», Центр художественной гимнастики в «Лужниках», стадионы для Чемпионата мира по футболу (2018 г.)	Нет
Пилотные проекты	Пилотные проекты	Более 100 проектов GSA, включая новое строительство, реконструкцию, реставрацию и эксплуатацию	Отдельные проекты по формированию лучших практик в инженерных дисциплинах	30 пилотных проектов (11 – с использованием BIM)	В рамках рассматриваемого этапа не было реализовано	10 типовых объектов, информации об анализе результатов применения BIM и других
Количественные показатели (на период завершения программ)	Уровень применения BIM	17 %	Более 80 %	54 %	22 % (исследования компании Кокуратор)	21 % (по данным опроса союза проектировщиков)
	Уровень зрелости BIM	Level 1	Level 2	level 2	Level 1	Level 1
	Уровень производительности	В рамках проектов GSA вырос более чем на 50 %. В целом по отрасли значительного повышения не было	В целом по отрасли значительного повышения не было	Сэкономлено около 5 млрд USD. В целом по отрасли значительного повышения не было	В целом по отрасли значительного повышения не было	Существенного увеличения производительности не наблюдается

которые может дать успешное внедрение. Кроме того, имеет значение существование специальных фондов, направленных на решение наиболее острых вопросов внедрения [11].

Показательные факторы идентифицируют определенные ключевые меры по внедрению BIM в стране. Хотя эти факторы самые иллюстративные, стоит учитывать, что их эффективность напрямую зависит от предыдущих этапов (табл. 4).

Государственная политика и мандаты. Важнейшим стимулом при внедрении является формированием требований по применению BIM со стороны государства к проектным, строительным и иным организациям [8]. Такие требования могут распространяться как на государственный сектор, так и на все проекты гражданского строительства. Однако исполнение требований, утвержденных в законодательном порядке, может стать сложным испытанием для отрасли, и задачей государства становится поддержать ее участников таким образом, чтобы они с этим испытанием справились.

Информационная, организационная и материальная поддержка. Данная поддержка должна решать наиболее болезненные для применяющих новую технологию вопросы: формирование спроса на использование технологии, компенсация расходов на внедрение, обучение квалифицированных специалистов, помощь в организации «правильного» внедрения [12].

Отраслевые стандарты и лучшие практики. Важную роль при применении BIM играют стандарты. Их содержание и реализация определяют возможную степень автоматизации процессов и, соответственно, эффективность всей технологии. Разработка стандартов должна учитывать наиболее успешную локальную и международную практику (т. е. быть основанной на конкретных, в том числе локальных, примерах), быть динамичной и отвечать на изменения в самой технологии и смежных процессах [13].

Пилотные проекты. Одним из наиболее эффективных приемов формирования показательных примеров являются пилотные проекты, которые необходимы как для того, чтобы сформировать устойчивую и правильную практику применения технологии, так и для формирования общественного мнения о ее продуктивности, создания привлекательного имиджа. Большое влияние в данном случае оказывает и количество объектов, и их значимость. Важно имеет доступность сведений о пилотных проектах, возможность изучить полученный при их проведении опыт [9].

Количественные показатели. Конкретные измеримые результаты внедрения – уровень зрелости BIM в стране, процент применяющих BIM от общего количества организаций, рост продуктивности и эффективности работ в строительной отрасли, сокращение расходов и времени на строительство и эксплуатацию – являются самыми обобщенными и объективными индикаторами того, как прошел (проходит) процесс внедрения.

Итоговая оценка по каждому фактору следующая. Учитывая их разнородность и отсутствие четких количественных градаций по некоторым из них, оценка проводилась относительно наиболее успешных из рассмотренных примеров по трехуровневой шкале: высокий, средний, низкий (уровень). Общие результаты представлены в табл. 4.

Общая оценка внедрения в рассмотренных примерах В табл. 5 представлены краткие выводы по проведенному анализу, а также оценка внедрения по предложенным факторам.

США. Поскольку США были пионерами во внедрении BIM в национальном масштабе, им пришлось столкнуться с рядом проблем, в частности с низким начальным

уровнем распространения технологии, дефицитом опыта, сложностями в установлении новых схем во взаимодействии участников и др. Процесс внедрения во многом замкнулся в рамках GSA, работа которого охватывала ограниченную часть строительного рынка, в частности не было организовано активной поддержки внедрения в масштабах всей страны. Та же достаточно ограниченным было внедрение государственных мандатов по использованию BIM. Тем не менее, в силу благоприятных социально-экономических условий и успешного опыта применения BIM в пилотных проектах, существенной поддержки научно-образовательных институтов и, главное, очень высокого уровня развития строительной индустрии и науки, удалось достигнуть удовлетворительных результатов. Высокий уровень результатов, достигнутых непосредственно в рамках работы GSA, стал стимулом для дальнейшего развития технологии и после окончания программы. Когда данные результаты получили широкое распространение, уровень применения BIM в стране резко вырос.

Сингапур. Сингапур уже опирался на пример США и имел значительный опыт осуществления проектов с BIM, однако подавляющее большинство проектных работ на начало внедрения выполнялось в 2D, исследований в области BIM до 2010 года практически не проводилось. Внедрение также проходило недостаточно комплексно. Так, сначала было обеспечено вовлечение лишь архитектурной части, затем инженерной и т. д., весь процесс в большой мере проходил в привязке к возможностям системы автоматической экспертизы CORENET. Тем не менее благодаря сложившимся условиям, четким задачам, инструментам и очень высокой степени поддержки государства, с одной стороны, и достаточно жесткими мандатами (которые в отличие от США распространялись не только на государственный сектор, но на индустрию в целом) – с другой, внедрение BIM прошло с впечатляющими результатами.

Великобритания. Одним из показательных примеров внедрения можно считать опыт Великобритании. Кроме высокого уровня социально-экономических условий и развития индустрии, в стране был высокий уровень научно-исследовательской среды в области BIM, благодаря чему в преддверии внедрения был проведен детальный анализ как зарубежного опыта, так и местных условий и проблем, сформулированы четкие измеримые цели и задачи, обеспечены прозрачные процессы, привлечены участники из всех сфер строительной отрасли. BIM внедрялся комплексно – параллельно с реформированием других процессов, таких как, например, государственные закупки, экспертиза и т. д. Несмотря на отсутствие специальных фондов, которые могли бы оказывать материальную поддержку, активно осуществлялась информационная поддержка, активное участие приняли образовательные учреждения: было сформировано большое количество программ по подготовке необходимых специалистов. Мандат на использование BIM охватил все объекты с участием государственного финансирования (40 % всей индустрии) и большой спектр участников. Разработанные в Британии стандарты легли в основу мировых практик, а примеры пилотных и показательных проектов широко известны среди специалистов. В итоге, несмотря на то что цели по экономии бюджета не были достигнуты в полном объеме, качественные показатели внедрения оказались очень высокими.

Россия. Программа внедрения BIM в РФ, с одной стороны, включала в себя широкий круг представителей государственного сектора, что предполагало комплексный подход, с другой, как представляется, – несколько увязла в формальных процедурах и обсуждениях. Конструктивного, прозрачного, взаимовыгодного диалога

Таблица 5. Оценка внедрения BIM на национальном уровне

Страна	Условия внедрения			Организационные факторы			Показательные факторы				
	Социально-экономические условия	Состояние индустрии	Состояние технологии	Предварительный анализ	Организационная структура, принципы и условия работы над внедрением	Финансирование	Государственная политика и мандаты	Информационная, организационная и материальная поддержка внедрения	Отраслевые стандарты и лучшие практики	Пилотные проекты	Количественные показатели
США	В	В	С	С	Н	С	Н	Н	В	В	С
Сингапур	В	В	С	В	С	В	В	В	В	С	В
Великобритания	В	В	В	В	В	С	С	С	В	В	В
Россия	С	С	В	С	Н	С	Н	С	С	С	С
Казахстан	Н	Н	С	С	Н	С	Н	С	С	Н	Н

Примечание. Уровень: В – высокий, С – средний, Н – низкий.

государства с индустрией достигнуто не было. Во многом свою роль сыграла сама строительная отрасль, ее активные представители – архитекторы, инженеры, менеджеры их сообщества, крупные компании. Достаточно высокий уровень научно-технологического развития и высокая конкуренция подтолкнули их к действию. Необходимые меры по стандартизации, выработке лучших практик также более активно предпринимались частными компаниями и объединениями, научными коллективами, фактически вне рамок рассматриваемой программы, что в конечном счете дало весомые, но несколько разобщенные, точечные результаты. Реализация пилотных проектов, утверждение стандартов, введение мандата произошли после завершения первоначальной программы.

Казахстан. В Казахстане также, как и в России, при подготовке к внедрению в недостаточной степени была учтена существующая ситуация, проблемы индустрии и страны в целом. Организационная структура и принципы работы были в большей степени замкнутыми, в виду того что основная ответственность была переложена на частные организации, обладающие ограниченным влиянием и ресурсами, лишь косвенно заинтересованные в результативности реализации программы. Не было достигнуто эффективного масштабного взаимодействия ни с государственным аппаратом, ни с архитектурно-строительной отраслью. Хотя, в отличие от России, нормативно регулирующие документы были разработаны достаточно оперативно, они носили рекомендательный характер и не оказали серьезного влияния. Кроме того, не получилось организовать и значительной базы удачных практик. Экспертиза проектной документации в формате информационной модели фактически сформировалась уже после официальных сроков завершения программы. Подробная информация о реализованных пилотных проектах не публиковалась. Хотя число организаций, использующих BIM, увеличилось и уровень осведомленности вырос,

в целом результаты можно считать низкими в сравнении с опытом развитых стран.

Стоит отметить, что в виду ограниченности ресурсов отдельные данные по национальным программам не удалось достоверно установить. Это не позволило применить более точные количественные методы оценки, тем не менее по мнению авторов представленная качественная оценка объективна. Так же исследование ограничивалось первичными программами внедрения и небольшим списком наиболее интересных для авторов стран. Границы исследования могут быть расширены в дальнейших работах.

Также необходимо отметить, что, хотя основной целью при внедрении BIM было повышение продуктивности строительной отрасли, видимых результатов в этом направлении не наблюдается ни в одном из примеров. Это представляется не столько следствием недостатков самой технологии или ее внедрения, сколько необходимостью увеличения ее зрелости и распространения на стадию эксплуатации и производства строительной продукции для появления ощутимых результатов в отношении продуктивности.

Заключение

Несмотря на то что технология BIM достигла высокой степени зрелости и в мировой практике представлено много успешных примеров внедрения, многие страны еще либо не осуществили внедрение BIM на национальном уровне, либо не достигли во внедрении высоких результатов, что является одним из ограничивающих факторов развития технологии. Для таких стран одним из важных элементов внедрения является анализ и использование существующего опыта. При этом представляется важным, чтобы такой анализ проходил структурно – по определенным факторам и параметрам для возможности эффективного сопоставления и интерпретации.

Выделенный в данном исследовании перечень факторов позволяет комплексно оценить процесс внедре-

ния BIM в национальном масштабе с учетом как общих условий, так и специфических факторов. Такой анализ позволяет объективно сопоставить результаты внедрения с условиями, оценить программы по внедрению и заложенные в них принципы. Результаты подобного исследования могут служить основанием для принятия решений по внедрению BIM на национальном уровне в развивающихся странах и прогнозировать возможные результаты.

Наиболее эффективным внедрение будет, если все приведенные факторы будут находиться на высоком уровне. Если по тем или иным причинам одни факторы отстают, необходимо прилагать особые усилия по компенсации этих недостатков.

Внедрение BIM становится новым стандартом строительной индустрии. Мы надеемся, что эта технология поможет преодолеть кризис в архитектуре и строительстве – перейти барьер в эффективности, отделяющий эту индустрию от остальных во всем мире.

Литература

1. McKinsey Global Institute, Reinventing construction through a productivity revolution (Report) – February 27, 2017 – 168 с. – URL: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing> (дата обращения: 21.01.2023)
2. Liu, S., Xie, B., Tivendale, L., Liu, C. Critical Barriers to BIM Implementation in the AEC Industry // International Journal of Marketing Studies. – 2015. – Vol. 7. – P. 162
3. Ozorhon, B., Karahan, U. Critical Success Factors of Building Information Modeling Implementation // Journal of Management in Engineering. – 2017. – Vol. 33. – N 3
4. Antwi-Afari, M. F., Li, H., Pärn, E. A., Edwards, D. J. Critical success factors for implementing building information modelling (BIM): A longitudinal review // Automation in Construction. – 201. – Vol. 91. – P. 100–110
5. Tsai, M.-H., Mom, M., Hsieh, S.-H. Developing critical success factors for the assessment of BIM technology adoption: Part I. Methodology and survey // Journal of the Chinese Institute of Engineers, Transactions of the Chinese Institute of Engineers, Series. – 2014. – Vol. 37. – N 7. – P. 845–858
6. Edirisinghe, R., London, K. Comparative Analysis of International and National Level BIM Standardization Efforts and BIM adoption. – URL: <file:///C:/Users/User/Downloads/w78-2015-paper-015.pdf> (дата обращения: 21.01.2023)
7. Kaneta, T., Furusaka, S., Tamura, A., Deng, N. Overview of BIM Implementation in Singapore and Japan // Journal of Civil Engineering and Architecture. – 2016. – Vol. 10. – P. 1305–1312
8. Jiang, R., Wu, C., Lei, X., Shemery, A., Hampson, K. D., Wu, P. Government efforts and roadmaps for building information modeling implementation: lessons from Singapore, the UK and the US // Engineering, Construction and Architectural Management. – 2022. – Vol. 29, N 2. – P. 782–818.
9. Mustafa, N. E., Salleh, R. M., Ariffin, H. L. Experiences of Building Information Modelling (BIM) adoption in various countries // International Conference on Research and Innovation in Information Systems, ICRIIS. – 2017 – P. 140–160
10. Ofori, G. Indicators for measuring construction industry development in developing countries // Building Research and Information. – 2001. – Vol. 29, N 1. – P. 40–50
11. Government Construction Board: Definition; Guidance; Organisation. – URL: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Government_Construction_Board (дата обращения: 15.05.2022)
12. Ibrahim, F. S., Shariff, N. D., Esa, M., Rahman R. A. The barriers factors and driving forces for bim implementation in Malaysian AEC Companies // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2019. – Vol. 11, N 8. – P. 275–281
13. National BIM Standard – United States, Submitted by: McGraw-Hill Construction. – URL: http://mddb.apec.org/Documents/2013/SCSC/WKSP5/13_scsc_wksp5_007.pdf (дата обращения: 19.01.2023)

References

- Antwi-Afari, M. F., Li, H., Pärn, E. A., & Edwards, D. J. (2018). Critical success factors for implementing building information modelling (BIM): A longitudinal review. *Automation in Construction*, 91, 100-110.
- Edirisinghe, R., & London, K. (2015). Comparative Analysis of International and National Level BIM Standardization Efforts and BIM adoption. *CIB W78 Conference* (pp. 149-158).
- Government Construction Board (2022, April 8). Retrieved May 15, 2022, from https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Government_Construction_Board
- Ibrahim, F. S., Shariff, N. D., Esa, M., & Rahman, R. A. (2019). The barriers factors and driving forces for BIM implementation in Malaysian AEC Companies. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 11(8), 275-281.
- Jiang, R., Wu, C., Lei, X., Shemery, A., Hampson, K. D., & Wu, P. (2022). Government efforts and roadmaps for building information modeling implementation: lessons from Singapore, the UK and the US. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(2), 782-818.
- Kaneta, T., Furusaka, S., Tamura, A., & Deng, N. (2016). Overview of BIM Implementation in Singapore and Japan. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 10, 1305-1312. DOI: 10.17265/1934-7359/2016.12.001
- Liu, S., Xie, B., Tivendale, L., & Liu, C. (2015). Critical Barriers to BIM Implementation in the AEC Industry. *International Journal of Marketing Studies*, 7, 162.
- McGraw-Hill Construction (n.d.). National BIM Standard – United States. Retrieved January 19, 2023, from http://mddb.apec.org/Documents/2013/SCSC/WKSP5/13_scsc_wksp5_007.pdf
- McKinsey Global Institute. (2017, February 27). Reinventing construction through a productivity revolution (Report). Retrieved January 20, 2023, from <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-a-route-to-higher-productivity-full-report.pdf>
- Mustafa, N. E., Salleh, R. M., & Ariffin, H. L. B. T. (2017). Experiences of Building Information Modelling (BIM) adoption in various countries. *International Conference on Research and Innovation in Information Systems, ICRIIS* (pp. 140-160).
- Ofori, G. (2001). Indicators for measuring construction industry development in developing countries. *Building Research and Information*, 29(1), 40-50.
- Ozorhon, B., & Karahan, U. (2017). Critical Success Factors of Building Information Modeling Implementation. *Journal of Management in Engineering*, 33(3).
- Tsai, M.-H., Mom, M., & Hsieh, S.-H. (2014). Developing critical success factors for the assessment of BIM technology adoption: Part I. Methodology and survey. *Journal of the Chinese Institute of Engineers, Transactions of the Chinese Institute of Engineers, Series*, 37(7), 845-858.