

УДК 332.832.5

Г.В. Гусева

*Байкальский государственный университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

С.А. Астафьев

*Байкальский государственный университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

АННОТАЦИЯ. В настоящее время активно начали развиваться технологии информационного моделирования. В связи с этим в строительной отрасли в мире наиболее успешно внедряются BIM-технологии. В работе приводятся различные интерпретации «BIM-технологий», анализируются эффекты от их успешного использования. Предлагаются дополнения к концепции внедрения системы управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием технологии информационного моделирования. В рамках одного из направлений рекомендуется интегрировать BIM и Интернет вещей. Также в статье рассматривается сущность понятия «Интернет вещей». Приводится обзор устройств Интернета вещей, используемых в строительной отрасли в России и в мире, определяются направления его дальнейшего совершенствования и практического применения. В результате анализируется интеграция BIM и Интернета вещей в умном строительстве. Целью данного исследования является определение перспективных направлений развития компаний в строительной отрасли.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. BIM-технологии, технологии информационного моделирования в строительстве, Интернет вещей, умное строительство, реновация.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ. Дата поступления 28 сентября 2020 г.; дата принятия к печати 5 ноября 2020 г.; дата онлайн-размещения 7 декабря 2020 г.

G.V. Guseva

*Baikal State University,
Irkutsk, Russian Federation*

S.A. Astafyev

*Baikal State University,
Irkutsk, Russian Federation*

INTEGRATION OF TECHNOLOGIES OF INFORMATION MODELING AND INTERNET OF THINGS IN CONSTRUCTION

ABSTRACT. Nowadays, information modeling technologies have begun to develop actively. In this regard, BIM technologies are most successfully implemented in the construction industry all over the world. The paper presents various interpretations of «BIM-technologies» and analyzes the effects of their successful use. The authors propose supplements to the concept of introducing a life cycle management system for capital construction objects with the use of information modeling technology. Within one of the directions, it is recommended to integrate BIM and the Internet of Things. The article also examines the essence of the concept of «Internet of Things». An overview of IoT devices used in the construction industry in Russia and in the world is given, directions for its further improvement and practical application are determined. As a result, the paper analyses the integration of BIM and the Internet of Things in smart construction. The purpose of this study is to identify promising directions for the development of companies in the construction industry.

KEYWORDS. BIM-technologies, building information modeling, Internet of Things, smart building, renovation.

ARTICLE INFO. Received September 28, 2020; accepted November 5, 2020; available online December 7, 2020.

© Гусева Г.В., Астафьев С.А., 2020

Baikal Research Journal

электронный научный журнал Байкальского государственного университета

Многие годы проблемы строительства поднимались на рассмотрение на самых высоких уровнях власти и решались по мере возможности. Но мировой финансовый кризис, а также экономическое положение РФ оказали крайне негативное воздействие на такую сферу, как строительство.

По данным, представленным компанией Крок в 2019 г., строительная отрасль чаще сталкивается со следующими проблемами:

- 30 % проектов не укладываются в срок и бюджеты;
- 30 % стоимости проекта теряется из-за недостаточных связей между информационными системами;
- 40 % времени тратится на поиск и выверку информации при проектировании.

Экономически развитые и развивающиеся страны сегодня сталкиваются с огромным количеством проблем в строительной отрасли. Это и универсальные проблемы, с которыми сталкиваются строительные организации во всем мире, и специфические, диктуемые особенностями стран. Какие механизмы усовершенствования деятельности данной отрасли применяются сегодня и будут применяться в перспективе? Обратимся к мировому опыту.

ВІМ-технологии

Наиболее активно внедряются в строительную отрасль, на сегодняшний день, ВІМ-технологии. Их успешно используют в США, Великобритании, Сингапуре, Финляндии, Норвегии, Китае и ряде других стран.

Рассмотрим опыт Китая — одной из ведущих, с точки зрения развития национальной экономики, стран. Из-за быстрой урбанизации и активного социально-экономического развития Китай столкнулся с трудностями, связанными с перенаселением и, как следствие, ухудшением экологии, в связи с чем, начал уделять больше внимания использованию, защите и обработке экологической среды и ресурсов. С улучшением уровня жизни и повышением осведомленности об энергосбережении и защите окружающей среды, люди начали модернизировать здание, и требования для повышения комфорта среды обитания также стали более значительными. Поэтому в Китае строительная отрасль повсеместно начала преобразовываться в зеленую, энергосберегающую форму, которая удовлетворяет стремление людей к здоровому образу и высокому качеству жизни. Такие энергосберегающие и экологически чистые здания позволяют не только защитить окружающую среду и минимизировать загрязнения, но и максимально экономить ресурсы в течение всего жизненного цикла. Поэтому активное содействие строительству энергосберегающих зданий — это не только ориентир к устойчивому развитию, но и стратегическое направление будущего развития Китая.

Наиболее перспективным, надежным и отвечающим всем требованиям способом реализации указанных целей является применение ВІМ-технологий. Концепция технологии ВІМ пребывает в стадии глубокой проработки и отличается применением информационных технологий в строительной отрасли. Сферы применения, методы и специфика концепции переосмысливаются разными экспертами и учеными с разных точек зрения с различными областями исследований. ВІМ-технологии интерпретируют по-разному: как интегрированные модели зданий, модели виртуальных зданий и модели отдельных зданий. Именно поэтому в настоящее время определение технологии ВІМ не имеет единой интерпретации на международном уровне.

Национальная академия строительных исследований Китая предложила, что технология ВІМ представляет собой электронную модель действий объекта, созданную для различных целей, таких как визуализация, анализ столкновений и проверка стандартов спецификаций, анализ затрат и принятие завершённых ра-

бот. Американский институт архитекторов также заявил, что технология BIM — это проект, связанный с базой данных, и основанный на информационной модели. МакГроу-Хилл определил, что технология BIM — это процесс создания и использования цифровых моделей для проектирования, конструирования и управления проектом. Определение технологии BIM в Tekla (финская корпорация) — это процесс моделирования и коммуникации в структуре и деталях здания, который способствует управлению и строительству всего жизненного цикла проекта. Тем не менее, общепризнано, что BIM является аббревиатурой от английской Информационной модели здания (Building Information Modeling). Концепция основана на соответствующих информационных данных проекта строительства в качестве основы модели, устанавливает трехмерную информационную модель проекта строительства и имитирует реальную информацию, которую здание получает посредством цифрового информационного моделирования [1].

Технология BIM имеет множество функций, таких как визуальный анализ, проверка столкновений и моделирование графика строительства. С помощью установленной модели BIM солнечная радиация, солнечное излучение, вентиляция и освещение зданий могут быть смоделированы для определения наиболее подходящего расположения зданий и расстояния между ними, а также для формулирования разумных схем проектирования конструкции и выбора научных подходов, которые эффективно снижают энергопотребление здания [2]. Так, учитывая интересы отдельно взятого государства, в данном случае Китая, ориентируясь на его климатические и географические особенности и вытекающие из этого потребности населения, можно смело утверждать, что использование современных технологий в строительстве, а именно BIM-технологий, можно признать как никогда актуальным.

В России, в настоящее время, большое внимание уделяется созданию благоприятной среды для внедрения современных технологий информационного моделирования в строительной отрасли. Принимаются необходимые нормативно-правовые акты, разрабатывается программное обеспечение, анализируется опыт зарубежных стран, реализуются пилотные проекты. Так, 2 марта 2019 г. постановлением Правительства Российской Федерации № 234 «О системе управления реализацией национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» утверждена система управления реализацией национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», включающая широкий круг участников из числа государственных и негосударственных структур, преимущественно специализирующихся на технологиях информационного моделирования. Минстрой может обязать застройщиков использовать в своих проектах информационное моделирование уже в 2020 г.¹ Таким образом, можно утверждать, что переход на технологии информационного моделирования в РФ неизбежен. Есть высокая вероятность, что государство в скором будущем введет обязательное использование BIM-технологий повсеместно, в частности — в строительстве, и тогда процент организаций, применяющих эту технологию заметно увеличится.

По данным опроса, проведенного в 2019 г. компанией «Конкуратор» совместно с национальным исследовательским Московским государственным строительным университетом (НИУ МГСУ), BIM-технологии в той или иной мере в России уже применяют 22 % компаний строительной отрасли, 2 % — заверили, что в настоящий момент внедряют данные технологии. Среди организаций, не использующих BIM, 8 % респондентов заявили о планах внедрения технологий в ближайшей перспективе. Стоит отметить, что впервые аналогичный опрос был проведен в

¹ Застройщиков могут обязать использовать BIM-технологии уже в 2020 году // Ассоциация СРО «ИОС». URL: <https://iosro37.ru/news/zastroyschikov-mogut-obyazat-ispolzovat-bim-tekhnologii-uzhe-v-2020-godu/>.

2017 г. основные показатели за два года почти не изменились. Предположительно это аргументируется снижением инвестиций в основной капитал в строительстве за последние 4–5 лет, а также снижением объемов работ (в сопоставимых ценах).

На вопрос о причинах, подтолкнувших организацию к внедрению BIM, 71 % респондентов ответили, что главной причиной послужило потенциальное повышение качества работ, 69 % отметили повышение эффективности производства, 54 % заявили, что причиной стал поиск путей повышения конкурентоспособности и 23 % внедрили технологии по требованию заказчика. При этом, осознавая потенциал от внедрения BIM-технологий, инициатива внедрения технологий информационного моделирования чаще исходит от собственника предприятия — в 36 % случаев. Отметим, что 81 % респондентов подчеркнули, что реально полученный в ходе работы с проектами эффект от внедрения BIM превзошел ожидания².

Предполагается, что в результате реализации федерального проекта «Цифровое строительство» затраты на строительство объектов сократятся на 20 %, а сроки реализации проектов — на 30 %. В табл. 1 представлены предполагаемые Минстроем эффекты от успешного внедрения технологий BIM-моделирования (данные представлены в 2019 г.).

Таблица 1
Эффекты от успешного внедрения технологий BIM-моделирования

Показатель	Эффект
Сокращение времени проектирования	На 20–50 %
Сокращение времени на проверку проекта	В 6 раз
Сокращение сроков координации и взаимодействия	До 90 %
Сокращение сроков строительства	На 20–50 %
Сокращение сроков инвестиционной фазы проекта	До 50 %
Сокращение затрат на строительство и дальнейшую эксплуатацию	До 30 %
Снижение ошибок в проектной документации	До 40 %
Снижение погрешности бюджета при планировании	В 4 раза

Помимо проекта «Цифровое строительство», разработанного для поставленной Президентом РФ задачи цифровой трансформации строительной отрасли, Минстроем и ФАУ «ФЦС» с участием Главгосэкспертизы России разработана Концепция внедрения системы управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием технологии информационного моделирования³. Данная Концепция изменялась и дополнялась и конечный ее вариант состоит из семи направлений деятельности. Концепция получила оценку профессионального сообщества и Министерства цифрового развития России, однако на наш взгляд, было бы перспективно добавить еще несколько актуальных направлений (табл. 2).

В сущности, данная концепция уже готова, она уже прошла оценку со стороны профессионального сообщества и ранее созданного Министерства цифрового развития России. Однако, на наш взгляд, в ней есть некоторые пробелы. Так, например, важно не забывать о реализации программ реновации, которым с учетом специфики строительного рынка РФ сегодня уделяется большое внимание. Проекты реновации включают целые кварталы, а не единичные здания и сооружения, расчетная часть таких проектов априори сложнее, однако за счет масштабов и перспектив-

² Отчет по исследованию «Уровень применения BIM в России 2019» // Конкуратор. URL: http://concurator.ru/information/bim_report_2019/.

³ План перехода на BIM в РФ в период с 2019-2030 гг. // Proekt.by. 2019. 05 февр. URL: http://proekt.by/obshie_voprosi_byuro_gipov-b58.0/plan_perehoda_na_bim_v_rf_v_period_s_20192030gg-t58865.0.html.

Таблица 2

Концепция внедрения системы управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием технологии информационного моделирования с учетом предлагаемых дополнений

Направление 1:	Формирование нормативно-правовой базы внедрения системы управления жизненным циклом зданий и сооружений с применением информационного моделирования.
Направление 2:	Внедрение классификатора строительной информации и обеспечение его взаимоувязки с существующими международными, общероссийскими и ведомственными классификаторами.
Направление 3:	Формирование методических и нормативно-технических основ управления жизненным циклом зданий и сооружений с применением информационного моделирования.
Направление 4:	Внедрение современных технологий и платформенных решений, обеспечивающих поддержку бизнес-процессов, государственных функций и государственных услуг в рамках управления жизненным циклом зданий и сооружений с применением информационного моделирования.
Направление 5:	Формирование правовых, технологических и организационных основ для обмена данными и обеспечения их достоверности и актуальности в информационных ресурсах, составляющих цифровую экосистему управления жизненным циклом зданий и сооружений с применением информационного моделирования.
Направление 6:	Разработка и внедрение программ профессиональной подготовки специалистов в сфере информационного моделирования в строительстве.
Направление 7:	Разработка и внедрение показателей эффективности системы управления жизненным циклом зданий и сооружений с применением информационного моделирования.*
Предлагаемое направление 8:	Разработка и внедрение показателей эффективности проектов реновации территорий (жилых кварталов), включающих комплексы зданий и сооружений с применением информационного моделирования.
Предлагаемое направление 9:	Стратегическое планирование ресурсной базы для проведения текущего и капитального ремонта с целью продления жизненного цикла зданий в прогнозируемые сроки с использованием информационного моделирования.
Предлагаемое направление 10:	Разработка и внедрение показателей инвестиционной привлекательности и эффективности проектов реновации территорий (жилых кварталов) с применением информационного моделирования для государства и для субъектов бизнеса в средне- и долгосрочной перспективе.

* Новости отрасли // НИЦ Строительство. URL: <http://www.cstroy.ru/>.

нее. И потенциально существует довольно много строительных организаций, заинтересованных в открытии новых возможностей и нуждающихся в грамотном управлении жизненным циклом зданий и сооружений на территории реализации проектов реновации. Поэтому, на наш взгляд, данному вопросу следует уделить большее внимание и расширить систему управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием технологии информационного моделирования, включив в нее комплекс объектов, охватываемый проектами реновации. Также, важно охватить вопрос планирования ресурсной базы для проведения текущего и капитального ремонта с целью продления жизненного цикла зданий, а также сферу инвестиционной привлекательности и эффективности проектов реновации жилых кварталов с применением информационного моделирования для государства и для субъектов бизнеса в средне- и долгосрочной перспективе. Говоря о реновации кварталов, речь идет не только о зданиях, находящихся на территории, но и об инфраструктурной составляющей. Нельзя забывать о бизнес-структурах, чье участие необходимо учитывать, так как:

- они могут выступать потенциальными инвесторами проектов;
- они существенно повлияют на привлекательность квартала и для строительных организаций, и для будущих жильцов.

Если говорить о государстве, то без его участия реализация проектов реновации в сущности невыполнима. И с помощью информационного моделирования появляется возможность оценить эффект от вложений бюджетных средств в реализацию того или иного проекта.

Именно поэтому, потенциальная оценка привлекательности реновируемых территорий необходима, что возможно осуществить как нельзя успешно с помощью применения информационного моделирования.

Интеграция BIM и IoT

Направление 4 Концепции внедрения системы управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием технологии информационного моделирования с учетом предлагаемых дополнений, рассмотренная нами ранее, предусматривает внедрение новейших технологий, обеспечивающих поддержку бизнес-процессов, государственных функций и государственных услуг в рамках управления жизненным циклом зданий и сооружений с применением информационного моделирования. В рамках данного направления целесообразно интегрировать BIM и Интернет вещей (Internet of Things, IoT) — активно развивающееся в мире направление развития интернет-инфраструктуры, обеспечивающее расширенные возможности подключения устройств, систем и услуг и взаимодействия их между собой.

Интеграция информационного моделирования зданий (BIM) с данными в реальном времени из устройств Интернета вещей представляет собой мощную парадигму для приложенных, повышающих эффективность строительства и эксплуатации возводимых объектов. Соединение потоков данных в реальном времени из быстро расширяющегося набора IoT для высокоточных моделей BIM обеспечивают многочисленные приложения. Тем не менее, исследования интеграции BIM и IoT все еще находятся на начальной стадии, необходимо понять текущую ситуацию интеграции устройств BIM и IoT [3].

Интернет вещей меняет уклад жизни общества, работу и бизнес. Это основа новой промышленной трансформации, известной как Индустрия 4.0 [4; 5], и ключ к цифровой трансформации организаций, городов и общества в целом. Это достаточная причина, чтобы понять суть IoT, изучить текущее состояние и обозначить перспективные направления его применения в мире и в России.

Интернет вещей — это глобальная инфраструктура для информационного общества, позволяющая предоставлять расширенные услуги путем соединения (физических и виртуальных) вещей на основе существующих и развивающихся интернет-оперативных информационных и коммуникационных технологий.

IoT является важным драйвером для киберфизических систем (Cyber-Physical System — CPS). Он может соединять физические и кибер-элементы вместе, образуя гибридную коммуникационную сеть, в которой элементы взаимодействуют друг с другом в режиме реального времени, что позволяет напрямую интегрировать физический и кибер-мир.

Происхождение Интернета вещей можно проследить с 80-х гг. XX в. Еще в 1982 г. студенты факультета компьютерных наук Карнеги-Меллона подключили торговый автомат Coca Cola к Интернету, что позволило клиентам удаленно проверять состояние напитков [6]. Это был самый ранний прототип системы IoT. Далее в 1995 г. Гейтс упомянул, что вещи и люди могут связываться друг с другом в будущем в книге «Дорога вперед». В 1999 г. термин IoT был первоначально предложен Эштоном в центре Auto-ID в Массачусетском технологическом институте (MIT) [7].

Центр предложил предложить уникальный электронный тег для каждого продукта и подключить продукт к Интернету. С тех пор концепция IoT стала очевидной. В том же году на международном экономическом форуме в Давосе ученый Билл Джой (Sun Microsystems) в рамках своего выступления обозначил суть понятия «Интернет вещей». Один из основателей Sun Microsystems представил там свою разработку, называемую концепцией «Шести вебов». Он выделил четыре вида пользовательского интернета. «Интернет здесь и сейчас» — устройство, которое человек непрерывно носит с собой, всегда обладает доступом к сети (очевидная модель 4G, LTE); «странный интернет» — доступ в который осуществлялся бы с помощью голоса, командуя своим автомобилем или отдавая распоряжения другому голосовому помощнику. Также Джой обозначил два типа, не касающихся напрямую человека, он назвал их «B2B» и «D2D». Соединение «B2B» (business-to-business) не обладало пользовательским интерфейсом и функционировало бы для связи бизнес-машин в организациях. Соединение «D2D» — объединяло бы устройства из разных областей, помогало автоматизации и техническому развитию промышленности, домов, городов, и помогало бы увеличивать «интеллектуальный уровень» гаджетов. В 2003 г. Walmart попросил своих 100 ведущих поставщиков прикрепить чипы радиочастотной идентификации (RFID) к продуктам для поддержки эффективного управления цепочками поставок. Признав преимущества технологии IoT, IBM, Tesco, Microsoft и Philips и др. начали применять метки RFID в своих компаниях. В 2008 г. IBM запустила «Умную планету» на основе IoT для создания более интеллектуальных систем для здравоохранения, электроснабжения, водоснабжения, общественной безопасности, дорожного движения и продуктов питания.

В академическом сообществе IoT рассматривается с разных точек зрения [8–10], и существующие определения IoT продолжают совершенствоваться сегодня. Эштон рассматривал IoT как технологию, основанную главным образом на RFID для реализации взаимосвязи объектов. Международный союз электросвязи (МСЭ) предложил, чтобы IoT разрешал новые формы общения между людьми и вещами в любое время и в любом месте встраивание мобильных приемопередатчиков на короткие расстояния в детали и предметы повседневного пользования. Европейская технологическая платформа по интеграции интеллектуальных систем (EPoSS) определила IoT как «вещи, обладающие идентичностями и виртуальными личностями, работающие в интеллектуальных пространствах с использованием интеллектуальных интерфейсов для подключения и взаимодействия в социальных, экологических и пользовательских контекстах» [11]. До сих пор, хотя единого определения для IoT не существует, существующие определения обычно сосредоточены как на идентификации объекта, так и на связи [12].

Сегодня нет такой отрасли, которая бы полностью интегрировала существующую реальность и интернет вещей. Однако в разной степени IoT укрепляет свои позиции по всем направлениям. Такие сферы, как логистика, промышленность, транспорт повсеместно внедрили IoT, чего нельзя сказать о строительстве.

В сущности строительство — это проектное управление. При цифровизации оно превращается в управление, основанное на данных, получаемых автоматически в местах их возникновения от устройств и датчиков IoT, подключенных машин, платформ и оборудования, позволяющих создавать информационные и математические модели и алгоритмы, и реализовывать все более автономные производственные и бизнес-процессы, имеющие свойство адаптивности.

То есть основой цифровизации строительства являются информационное и математическое моделирование сквозных процессов, позволяющие оптимизировать работы по параметрам стоимости, сроков, устойчивости бизнеса и минимизации негативного воздействия на окружающую среду, и любым другим заданным ха-

рактикам, на основе данных высокого качества (по параметрам — актуальность, релевантность, точность и полнота).

Итак, за почти 40 лет существования IoT, по мнению ряда экспертов⁴, прошли 4 эволюционных этапа [13]. Представим их в виде табл. 3.

Таблица 3

Эволюция Интернета вещей

Этап	Характеристика этапа	Пример
Этап I — умные вещи	Проводится идентификация каждого объекта по отдельности. Неизменным остается один факт — для связи всех предметов необходим человек. Именно на этом этапе развития и появилась идея эффективного взаимодействия между всеми предметами.	Данные влажности в помещении за определенный период времени; информация о недостаточном количестве стирального порошка в машине.
Этап II — умный дом	Система связанных устройств и предметов, которые имеют возможность коммуницировать. Возможность возложить существенную часть своей дневной рутины на интернет вещей.	Все в доме, начиная от холодильника, заканчивая занавесками, связано друг с другом, регулируется уровень освещенности и температурного режима благодаря датчикам и смарт-часам. Приборы в состоянии производить самостоятельную диагностику, а также сообщать о необходимости ремонтных работ.
Этап III — умный город	Собирательный образ. Он показывает ситуацию, когда каждый дом станет умным. Иными словами, прообраз сможет быть реализован в случае, если технологии IoT станут доступными каждому человеку. Совокупность отдельных узлов создаст инфраструктуру, в которой все предметы будут общаться друг с другом. Предусматривает сбор и обработку всей информации, относящейся к жителям поселения, а также отдельных районов, кварталов и домов.	Все жилые районы находятся под контролем общего анализа данных, которые поступают от вещей. Благодаря этой возможности регулируется потребление электроэнергии, фиксируются и максимально быстро устраняются различные поломки. Умный город представляет собой экосистему, в которой все, начиная от городского транспорта, заканчивая регулицией товарно-розничных отношений, формируется благодаря сбору данных. В конечном итоге повышается уровень жизни.
Этап IV — умная планета	Сенсорная планета. Действует по примеру третьего уровня, но уже на территории всей планеты. Когда люди смогут создать экосистему умных вещей, наступит время перебросить свое внимание на Землю. При помощи системы датчиков человечество получит возможность контролировать абсолютно все природные процессы, а это значит: <ul style="list-style-type: none"> – появится возможность избежать последствий природных катаклизмов; – сформируется база для отслеживания состояния здоровья планеты и возможности его улучшения; – люди смогут эффективно отслеживать, контролировать и использовать природные ресурсы. 	Все города и страны, все населенные и ненаселенные территории планеты находятся под контролем общего анализа данных, которые поступают от вещей. Благодаря этой возможности регулируется потребление природных ресурсов, фиксируются и максимально оперативно устраняются негативные последствия опасных природных явлений, а также предупреждаются возможные катастрофы.

⁴ Интернет вещей — что это такое? Развитие интернета вещей в России // FB.ru. URL: <https://fb.ru/article/251264/internet-veschey---chto-eto-takoe-razvitie-interneta-veschey-v-rossii>.

Применение IoT в строительной отрасли на практике варьируется от умной вещи до умного дома. Внедрение IoT в строительстве усложняется, кроме прочего, необходимостью учета воздействия на окружающую среду, тесной связью с ЖКХ, энергетикой и потребительской электроникой. Исходя из этого можно определить актуальные направления применения IoT в данной сфере.

Рассмотрим некоторые наиболее интересные и имеющие, на наш взгляд, перспективы использования на территории России устройства IoT, применяемые в мире.

В Северной Америке, в Западной Европе и Восточной Азии можно встретить применение устройства «Air Quality Egg» («яйцо проверки качества воздуха»). Air Quality Egg представляет собой устройство, использующее датчики для сбора и обмена данными о качестве воздуха за пределами дома или офиса человека. В то время как государственные учреждения мониторят качество воздуха и уровень загрязненности в центрах мегаполисов, «яйцо» собирает данные от непосредственного окружения своего пользователя в режиме реального времени. Данные о качестве воздуха базовая станция передает через Интернет, где на специальном веб-сайте собирается информация, собранная всеми «яйцами», которые используются. Полученные данные могут быть использованы для оценки влияния городской политики и изменения уровня загрязнения, а также для разработки и принятия новых программ в этой сфере. Также сервис дает возможность жителям города больше узнать о своем месте жительства. В условиях повсеместной экологизации данное устройство является весьма перспективным.

Еще одним устройством, укрепляющим свои позиции в США, является BigBelly — урна, работающая на солнечных батареях, уплотняющая мусор и предупреждающая санитарные экипажи, когда она полна. Общая сеть анализирует данные, полученные от каждой урны BigBelly, что позволяет планировать деятельность по сбору и оперативно вносить коррективы, такие как размер урны и частота вывоза мусора. Системы BigBelly располагаются повсюду: в городах, крупных деловых центрах, в университетских городках, в парках и на пляжах. Например, Бостонский университет сократил частоту вывоза мусора с 14 до 1,6 раза в неделю. Это привело не только к экономии времени, но и энергии, так как теперь используется меньшее количество мешков для мусора и производится меньше углекислого газа во время вывозов мусора. Учитывая, что объемы бытовых отходов согласно прогнозам возрастут с 1,3 т, производимых сейчас, до 2,2 млрд т к 2025 г., то дополнительные инструменты будут крайне необходимы, чтобы справляться с большими объемами мусора [14]. Использование данной технологии актуально и с экономической точки зрения, так как проблема утилизации твердых отходов в России также стоит остро, стоимость их вывоза в последние годы заметно возросла.

Несмотря на то, что за границей дела с разработкой в области IoT обстоят куда прогрессивней, Россия старается догонять передовиков всеми силами [15, с. 704]. Среди центров разработок выделяется Сколково. В строительной сфере ученые занимаются разработкой следующих программ:

Программа «Трон». Данная разработка позволяет управлять системами умного дома. В ее основе возможность формирования связок предметов, а также составление необходимых настроек соответствия для каждого конкретного объекта.

Программа «Стриж». Система позволяет максимально быстро передавать данные с различных устройств для их последующего анализа и принятия решений контрольной стороной (примером может стать передача показателей счетчиков) [13].

Серьезным преимуществом интеграции BIM и IoT является то, что Интернет вещей внедряется не только в процессе эксплуатации здания, но и непосредственно в проектировании и стадии осуществления строительных работ.

Приведем некоторые примеры из практики внедрения новых технологий в российском девелопменте.

Так называемый цифровой «двойник» строящихся объектов используется группой компаний «A101» — одним из крупнейших девелоперов Новой Москвы — совместно с компанией Sarex с целью непрерывного контроля работы подрядных компаний. Разработка позволяет эффективно контролировать процесс строительства, прокладку инженерии, земляные работы, благоустройство территории, выполняемые подрядчиками.

Группа компаний «Основа», будучи застройщиком в 2018 г., начала внедрять оцифровывание своихстроек, в целях осуществления более дешевого, качественного и быстрого строительства за счет полного перехода на технологии информационного моделирования и внедрения электронной системы управления всеми инвестиционно-строительными проектами. Так, на площадках компании уже активно применяется целый ряд BIM-технологий, а строй-контроль реализуется с помощью лазерного сканирования и дронов. У компании есть и собственные уникальные разработки. Например, девелопер изобрел технологию контроля (наблюдения) за рабочими на стройплощадках. Инновацию назвали Terra Smart. Суть устройства в сенсорных датчиках, надеваемых в рабочее время на руки строителей, которые фиксируют все движения человека. Полученные данные в цифровом виде накапливаются и анализируются и в дальнейшем отправляются прорабу в виде специального графика на мониторе. Данная система всевидящего прораба позволяет минимизировать потери времени и средств на площадках, а также устранить случаи воровства.

Компания Level Group, например, внедрила инновационную систему доступа персонала на стройплощадки по отпечатку. Данная система позволяет наблюдать за реальным присутствием работников на площадке и за отсутствием на ней посторонних лиц [16].

Заметим, что в условиях пандемии строительные компании пребывают в состоянии переосмысления существующей реальности. В данный момент актуальность приобретают устройства, способные обеспечить безопасность. Примером могут служить камеры с тепловизором для измерения температуры тела работников на строительных площадках, а в дальнейшем — жильцов многоквартирных домов.

Интеграция BIM и IoT в умном строительстве охватывает различные области, использует интеграционный подход в процессе реализации, включающий целый спектр новейших технологий, а также сталкивается с рядом открывающихся возможностей и возникающих проблем. На рис. 1 представлены ключевые аспекты интеграции BIM и IoT в умном строительстве.

На наш взгляд, прежде всего представляется необходимым проведение анализа предпочтений потенциальных потребителей. Проанализировав данную информацию, можно определить уровень осведомленности населения возможностями Умного строительства, понять, в какие современные технологии, используемые и разрабатываемые в России и в мире, целесообразно инвестировать средства, обеспечивая себе тем самым реальные конкурентные преимущества. Анализ позволит сфокусироваться на тех устройствах мира Интернета вещей, внедрение которых наиболее существенно укрепит позиции компании на рынке. А интеграция BIM и IoT, в свою очередь, обеспечит синергетический эффект.

Следовательно, в процессе нового строительства, а также в рамках проведения реконструкции жилых территорий застройщикам и девелоперам предлагается использовать следующую формулу для определения перспективных направлений развития компании:

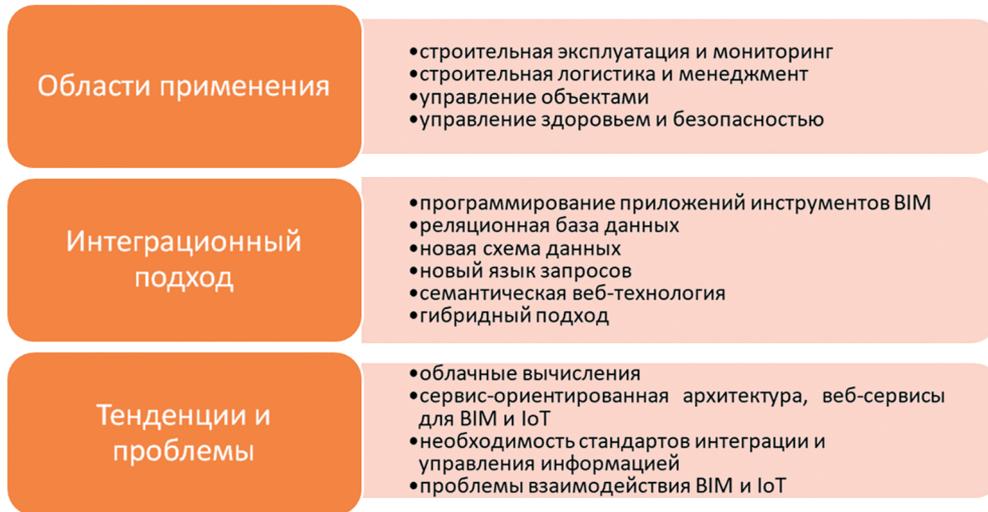


Рис 1. Интеграция BIM и IoT в умном строительстве

Перспективные направления развития = Предпочтения потенциального потребителя + IoT + BIM

За пределами мегаполисов у российских региональных строительных компаний на сегодняшний день наблюдается существенное сокращение маржи. Как показывает опыт крупных зарубежных строительных компаний и сложившиеся тенденции развития жилищно-строительной отрасли развитых стран, — без инноваций отрасль неизбежно достигнет пределов. Потребности населения растут, а возможности ограничиваются ипотекой, которая не может являться единственным источником роста рынка. То есть строительные организации должны и развивать рынок в регионе, а затем во всей стране, и усовершенствовать используемые технологии для обеспечения потребностей потребителей, а также для поддержания конкурентоспособности отрасли (в том числе и в мировом пространстве). Также важно снижать себестоимость, внедряя новые технологии, материалы и используя управленческие практики. Очевидно, что только крупные компании способны участвовать в инновационном процессе, тогда как малые формы не имеют достаточных ресурсов не только для собственных разработок, но и для внедрения уже готовых решений — что является серьезной проблемой рынка. С этой точки зрения, очевидно необходима государственная поддержка распространения новых технологий в строительстве.

Таким образом, можно сделать вывод, что технологии информационного моделирования в России являются крайне перспективной темой [17–19]. В России активно разрабатывается необходимое программное обеспечение — поддерживаемое государством, формируется необходимая нормативно-правовая база, апробируются пилотные проекты, тема «актуальности BIM-технологий» поднимается на всевозможных форумах и выставках. В связи с высокой заинтересованностью государства во внедрении технологий BIM в строительной отрасли, строительные организации, осуществляющие сегодня переход к использованию технологий информационного моделирования могут всерьез рассчитывать на государственные преференции. На сегодняшний день, некоторые задачи, которые ставит государство перед строительными организациями, кажутся невыполнимыми, однако, как показывает опыт многих стран, решение этих задач — всего лишь вопрос времени.

Список использованной литературы

1. Mingqiang Huang. The Role of BIM Technology in Energy-saving Reconstruction of Existing Residential Buildings in Rural Areas / Mingqiang Huang, Jinheng Li, Chunlin Liao // *Advances in Engineering Research*. — 2018. — Vol. 170: 7th International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2018). — P. 627–631.
2. Research on green building materials management system based on BIM technology / Wang Zhenshuang, Wang Liguang, Gao Ping, Chen Xiaobo // *Building Economy*. — 2015. — № 4. — P. 83–86.
3. A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends / Shu Tang, D.R. Shelden, Ch.M. Eastman, P. Pishdad-Bozorgi, Xinghua Gao // *Automation in Construction*. — 2019. — Vol. 101. — P. 127–139.
4. Файзуллин Р.В. Тенденции внедрения концепции «интернет вещей» для автоматизации производства / Р.В. Файзуллин, Ш. Херинг // *Социально-экономическое управление: теория и практика*. — 2018. — № 4 (35). — С. 154–157.
5. Анохов И.В. Движущие силы Индустрии 4.0 и ее последствия для человека и экономики. Новые основания для сборки общества / И.В. Анохов. — DOI 10.17150/2500-2759.2019.29(3).379-387 // *Известия Байкальского государственного университета*. — 2019. — Т. 29, № 3. — С. 379–387.
6. Семенченко П.И. Концепция интернета вещей: возможности использования в управлении техническими устройствами / П.И. Семенченко // *Nauka-rastudent.ru*. — 2016. — № 10. — URL: <https://nauka-rastudent.ru/34/3681/>.
7. Ashton K. That «Internet of Things» Thing. In the real world, things matter more than ideas / K. Ashton // *RFID Journal*. — 2009. — 22 June. — URL: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>.
8. Никифоров О.Ю. Концепция и технологии «Интернета вещей» / О.Ю. Никифоров // *Современные научные исследования и инновации*. — 2014. — № 11, ч. 1. — С. 151–153.
9. Хаджиева Л.К. Анализ технологии «интернет вещей» (IoT) и ее роль в «умном доме» / Л.К. Хаджиева, Х.Х. Мальцагов // *Вестник ГГНТУ. Технические науки*. — 2019. — Т. 15, № 4 (18). — С. 27–32.
10. Сайтов А.В. Интернет вещей: перспективы и угрозы / А.В. Сайтов // *Технологическая перспектива в рамках Евразийского пространства: новые рынки и точки экономического роста : труды 5-ой Междунар. науч. конф.* — Санкт-Петербург, 2019. — С. 253–259.
11. Fei Tao. Digital Twin, Cyber-Physical System, and Internet of Things / Fei Tao, Meng Zhang, A. Y. C. Nee // *Digital Twin Driven Smart Manufacturing*. — London : Elsevier, 2019. — P. 243–256.
12. Kiran D.R. Internet of Things / D.R. Kiran // *Production Planning and Control. A Comprehensive Approach*. — Oxford, 2019. — P. 495–513.
13. Лиходей Е. / Какое будущее нам даст интернет вещей? / Е. Лиходей // *Bitcrypto news*. — 2018. — 28 июня. — URL: <http://bitcryptonews.ru/analytics/chetyre-etap-razvitiya-interneta-veshhej>.
14. Смирнова-Крелль О.М. Какие бизнес-процессы можно автоматизировать с помощью интернета вещей? / О.М. Смирнова-Крелль. URL: https://filearchive.cnews.ru/img/files/2019/04/09/smirnovakrell_oksana.pdf.
15. Захарченко Л.А. Авиационная промышленность России как драйвер инновационного развития экономики / Л.А. Захарченко, О.А. Чепинова, Н.Р. Эпова. — DOI 10.17150/2500-2759.2018.28(4).701-710 // *Известия Байкальского государственного университета*. — 2018. — Т. 28, № 4. — С. 701–710.
16. Кудымова Е. «Метриум»: Дроны, нейросети и биометрия — какие инновации внедряют российские застройщики / Е. Кудымова // *ATREX.RU*. — URL: <http://atrex.ru/press/p472301.html>.
17. Самаруха В.И. Интеграция производственных систем на базе цифровой платформы / В.И. Самаруха, Т.Г. Краснова, А.Н. Дулесов. — DOI 10.17150/2500-2759.2020.30(2).309-317 // *Известия Байкальского государственного университета*. — 2020. — Т. 30, № 2. — С. 309–317.
18. Тагаров Б.Ж. Особенности информационного неравенства в современной экономике / Б.Ж. Тагаров, Ж.З. Тагаров // *Креативная экономика*. — 2018. — Т. 12, № 5. — С. 543–554.

19. Чистякова О.В. Особенности функционирования предпринимательских структур в условиях цифровой экономики / О.В. Чистякова, А.В. Бабкин // Тенденции развития экономики и промышленности в условиях цифровизации / под ред. А.В. Бабкина. — Санкт-Петербург, 2017. — С. 132–153.

References

1. Mingqiang Huang, Jinheng Li, Chunlin Liao. The Role of BIM Technology in Energy-saving Reconstruction of Existing Residential Buildings in Rural Areas. *Advances in Engineering Research*, 2018, vol. 170: 7th International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2018), pp. 627–631.

2. Wang Zh., Wang L. Gao Ping, Chen X. Research on Green Building Materials Management System Based on BIM Technology. *Building Economy*, 2015, no. 4, pp. 83–86.

3. Shu Tang, Sheldon D.R., Eastman Ch.M., Pishdad-Bozorgi P., Xinghua Gao. A Review of Building Information Modeling (BIM) and the Internet of Things (IoT) Devices Integration: Present Status and Future Trends. *Automation in Construction*, 2019, vol. 101, pp. 127–139.

4. Fayzullin R.V., Hering S. The Tendency of Implantation the Concept «Internet of Things» for Automation of Production. *Sotsial'no-ekonomicheskoe upravlenie: teoriya i praktika = Socio-Economic Management: Theory and Practice*, 2018, no. 4 (35), pp. 154–157. (In Russian).

5. Anokhov I.V. Dynamics of the Industry 4.0 and Its Consequences for Man and Economy. New Grounds for Assembling the Society. *Izvestiya Baikalskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*, 2019, vol. 29, no. 3, pp. 379–387. DOI: 10.17150/2500-2759.2019.29(3).379-387. (In Russian).

6. Semenchenko P.I. The Concept of the Internet of Things: Possibility of Use in the Management of Technical Devices. *Nauka-rastudent.ru*, 2016, no. 10. Available at: <https://nauka-rastudent.ru/34/3681/> (In Russian).

7. Ashton K. That «Internet of Things» Thing. In the Real World, Things Matter More than Ideas. *RFID Journal*, 2009, June 22. Available at: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>.

8. Nikiforov O.Yu. The Concept and Technology of «Internet of Things». *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii = Modern scientific researches and innovations*, 2014, no. 11, pt. 1, pp. 151–153. (In Russian).

9. Khadzhiyeva L.K., Maltagov Kh.Kh. Analysis of the Technology «Internet of Things» (IOT) and its Role in the "Smart House" Project. *Vestnik GGNTU. Tekhnicheskie nauki = Herald of GSTOU. Engineering Sciences*, 2019, vol. 15, no. 4 (18), pp. 27–32. (In Russian).

10. Saitov A.V. Internet of Things: Prospects and Threats. *Tekhnologicheskaya perspektiva v ramkakh Evraziyskogo prostranstva: novye rynki i tochki ekonomicheskogo rosta. Trudy 5-oi mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Technological Perspective Within the Eurasian Space: New Markets and Points of Economic Growth. Proceedings of the 5th International Scientific Conference]. Saint-Petersburg, 2019, pp. 253–259. (In Russian).

11. Fei Tao, Meng Zhang, A.Y.C. Nee Digital Twin, Cyber-Physical System, and Internet of Things. *Digital Twin Driven Smart Manufacturing*. London, Elsevier, 2019, pp. 243–256.

12. Kiran D.R. Internet of Things. *Production Planning and Control. A Comprehensive Approach*. Oxford, 2019, pp. 495–513.

13. Likhodei E. What is the Future of the Internet of Things? *Bitcrypto news*, 2018, June 28. Available at: <http://bitcryptonews.ru/analytics/chetyre-etapa-razvitiya-interneta-veshhej> (In Russian).

14. Smirnova-Krell' O.M. *Kakie biznes-protsessy mozno avtomatizirovat' s pomoshch'yu interneta veshchei?* [What Processes in Business Can Be Automated with the Help of the Internet of Things?]. Available at: https://filearchive.cnews.ru/img/files/2019/04/09/smirnovakrell_oksana.pdf (In Russian).

15. Zaharchenko L.A., Chepinoga O.A., Epova N.R. Russian Aviation Industry as a Driver of Innovative Economic Development. *Izvestiya Baikalskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*, 2018, vol. 28, no. 4, pp. 701–710. DOI: 10.17150/2500-2759.2018.28(4).701-710. (In Russian).

16. Kudymova E. «Metrium»: UAVs, NeuroNets and Biometrics: What Innovations Russian Developers Implement. *ATREX.RU*. Available at: <http://atrex.ru/press/p472301.html>. (In Russian).

17. Samarukha V.I., Krasnova T.G., Dulesov A.N. Integrating Digital Production Systems. *Izvestiya Baikalskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*, 2020, vol. 30, no. 2, pp. 309–317. DOI: 10.17150/2500-2759.2020.30(2).309-317. (In Russian).

18. Tagarov B.Zh., Tagarov Zh.Z. Specific Features of an Information Inequality in a Modern Economy. *Kreativnaya ekonomika = Creative Economy*, 2018, vol. 12, no. 5, pp. 543–554. (In Russian).

19. Chistyakova O.V., Babkin A.V. Features of Functioning of Enterprise Structures in the Conditions of Digital Economy. In Babkin A.V. (ed.). *Tendentsii razvitiya ekonomiki i promyshlennosti v usloviyakh tsifrovizatsii* [Trends of Developing Economy and Industry in Terms of Digitization]. Saint Petersburg, 2017, pp. 132–153. (In Russian).

Информация об авторах

Гусева Галина Викторовна — старший преподаватель, кафедра государственно-правовых дисциплин, Институт государства и права, Байкальский государственный университет, Российская Федерация, г. Иркутск, e-mail: galiguseva@yandex.ru.

Астафьев Сергей Александрович — доктор экономических наук, профессор, кафедра инженерно-экономической подготовки, Байкальский государственный университет, Российская Федерация, г. Иркутск, e-mail: astafievsa@mail.ru.

Authors

Galina V. Guseva — Senior Lecturer, Department of State and Legal Disciplines, Institute of State and Law, Baikal State University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: galiguseva@yandex.ru.

Sergey A. Astafyev — D.Sc. in Economics, Professor, Department of Engineering and Economic Training, Baikal State University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: astafievsa@mail.ru.

Для цитирования

Гусева Г.В. Интеграция технологий информационного моделирования и Интернета вещей в строительстве / Г.В. Гусева, С.А. Астафьев. — DOI: 10.17150/2411-6262.2020.11(3).9 // Baikal Research Journal. — 2020. — Т. 11, № 3.

For Citation

Guseva G.V., Astafyev S.A. Integration of Technologies of Information Modeling and Internet of Things in Construction. *Baikal Research Journal*, 2020, vol. 11, no. 3. DOI: 10.17150/2411-6262.2020.11(3).9. (In Russian).