

Экономические выгоды применения комбинированных моделей BIM-ГИС в строительной отрасли. Обзор состояния в мире

В.П. Куприяновский, С.А. Синягов, Д.Е. Намиот, Ю.В. Куприяновская

Аннотация— Целью данного исследования является определение мировых тенденций в применении комбинированных BIM и GIS-технологий в строительной отрасли для различных категорий заинтересованных лиц и организаций по всему спектру интересов АЕСОО-индустрии. Такими организациями являются и проектные институты, и эксплуатирующие организации, а также компании, играющие роль генподрядчика в крупных инфраструктурных проектах со сложной структурой, таких как, например, проекты строительства городских и национальных инфраструктур.

Ключевые слова—BIM, GIS, информационное моделирование.

I. ВВЕДЕНИЕ

В данном обзоре мы хотели бы остановиться на мировых тенденциях в применении комбинированных BIM&GIS-технологий в строительной отрасли. При этом целью ставилось описание этих применений для различных категорий заинтересованных лиц и организаций. Стандартный термин, употребляемый здесь – это АЕСОО. АЕСОО (Architecture, Engineering, Construction, Owner and Operator) - это Архитекторы, Инженеры, Строители, Владельцы и Операторы (на русском языке это было бы точнее назвать эксплуатационные организации). Нас будет интересовать применение BIM по всему спектру интересов АЕСОО-индустрии. Такими эксплуатирующими организациями являются и проектные институты, и эксплуатирующие организации, а также компании, играющие роль генподрядчика в крупных инфраструктурных проектах со сложной структурой, таких как, например, проекты строительства городских и национальных инфраструктур. Необходимо так же понимать, что кроме очень интересных технологий, компаниями и их

решениями в их практической деятельности двигают конкретные экономико-финансовые интересы, и только осознание их и делает возможным внедрение тех или иных технологий. Для облегчения восприятия темы мы максимально использовали возможности графической иллюстрации содержания, сделав переводы наиболее удачных с нашей точки зрения материалов. По тем же причинам мы ограничили список литературы, внося в него практически только то, что читатель сможет найти в Интернете, и увеличили прямое количество указаний на источники непосредственно в тексте. Первые 10 источников в списке литературы – это основное, на что стоит обратить внимание.

Ключевым в применении новых или инновационных технологий является оценка рисков их применения и выгод при их внедрении. В этом плане можно рекомендовать труды одного из классиков исследования рисков и преимуществ внедрения ИТС технологий и больших проектов в строительной индустрии Bent Flyvberg [1]. В упомянутой книге и ряде других публикаций вывод крайне прост – самым прибыльным делом является внедрение ИТС технологий. А среди них прибыльным и одновременно наиболее рискованным мероприятием является внедрение BIM. Сегодня в России уже сотни строительных компаний объявили о начале внедрения технологий информационного моделирования или BIM, и уже опубликованы для обсуждения проекты российских стандартов на эту тему. Поэтому нам представляется необходимым уделять тематике экономических выгод самое пристальное внимание.

Для понимания дальнейших рассуждений необходимо заметить, что мы опираемся, в основном, на специализированные исследования ведущих аналитиков уровня McGraw-Hill (теперь их новое имя - Dodge Data&Analytics). Они всегда привлекали к своим исследованиям лидирующие компании и организации по направлениям исследований, что позволяет получить доступ к практически всему объему информации о мировом строительном рынке (порядка 7 трлн. долларов в год). Однако при всей авторитетности этих материалов необходимо учитывать огромную разницу в уровнях развития строительных индустрий разных районов мира и особенностях экономических условий их функционирования. Поэтому мы постарались

Статья получена 27 марта 2016.
Куприяновский В.П., МГУ имени М.В. Ломоносова, (email: vpkupriyanovsky@gmail.com).
Синягов С.А., независимый исследователь, (email: ssinyagov@gmail.com)
Намиот Д.Е., МГУ имени М.В. Ломоносова, (email: dnamiot@gmail.com).
Куприяновская Ю.В., Университет Оксфорда, (email: piccola@yandex.ru)

воспользоваться и обработать те сведения, которые, по нашему, мнению наиболее применимы в России, давая читателю возможность по ссылкам составить из источников и свою картину происходящего.

II. BIM, GIS и AECO-индустрия

Интеграция BIM и ГИС-технологий как основных ИТС элементов решений для строительной отрасли и стала ключевым звеном в развитии всего направления информационного моделирования в строительстве. С одной стороны, это связано с расширенным представлением о жизненном цикле объектов строительства, и включении в этот цикл этапов от концептуального строительства до эксплуатации. С другой стороны, получаемые от использования этих технологий преимущества проявляются на разных этапах и в разных формах, и, также различен состав заинтересованных сторон (stakeholders).

Соответственно, требования уже выдвигаются не со стороны исключительно проектных или инженерных организаций, а от всего состава AECO-индустрии. Собственно, для получения информации о разных ROI для этих групп мы отсылаем читателя к работе [2].

Ещё одним фактором является то, что большая часть строительных объектов имеет сложную структуру, требующую совмещения и увязывания различных моделей, стандартов, подходов и требований. Причем ответственность за такой комплексный проект возлагается на одну компанию, выступающую в роли генподрядчика.

Не случайно, инициатором системного подхода к интеграции BIM и ГИС в единый технологический комплекс выступила компания Atkins, выиграв подряд на проект строительства линии метро CrossRail в Лондоне. В этом проекте должны были сочетаться несколько моделей, таких как модель железнодорожных путей, модель тоннельного хозяйства, мосты, наземные и подземные сооружения, пересадочные узлы, и др. Кроме того, линии CrossRail должны были соответствовать требованиям, исходящим от существующей и планируемой городской инфраструктуры на поверхности земли, и существующей инфраструктуры подземных линий метро и различных подземных инфраструктур и коммуникаций города. При этом должны были учитываться социальные, экономические и другие параметры проекта, включая обеспечение минимальности затрат и расчётной прибыльности строящейся линии. Собственно Atkins, являясь частной компанией, и стал партнером правительства Великобритании в развитии технологий BIM, и сумел в этом партнерстве получить значительные экономические и конкурентные преимущества на рынке, выйдя в итоге на тематику умных городов [3,4] – совершенно новый для себя рынок. Этот пример показывает, что выгоды от применения BIM&ГИС-технологий каждый раз адресуются определенному набору заинтересованных сторон, из разных областей AECO-индустрии.

III. Информационное моделирование зданий

Информационное моделирование зданий (BIM) – это один из основных технологических и инновационных трендов 21 века, который привел к тотальной трансформации строительной индустрии в мире. Вот наиболее широкое и распространённое определение BIM: «Это цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта сформированное в виде общедоступного ресурса, базы знаний, которая используется как надёжная информационная основа для принятия решений на протяжении всего жизненного цикла объекта, от ранних этапов выработки концепции и до сноса или утилизации».

На практике BIM представляет собой набор технологий и процессов, которые должны приводить к улучшению результатов на различных этапах жизненного цикла объекта строительства, включая ранние этапы концептуального планирования, дизайн и инжиниринг, закупки и строительство, ввод в эксплуатацию, техническое обслуживание и извлечение прибыли, а также снос или реализацию под другие нужды.

Изначально BIM применялся исключительно к отдельным зданиям (Building, отсюда и “B” в аббревиатуре), но в настоящее время этот термин приобретает более общее звучание, и включает в себя инфраструктуру, специфические капитальные объекты (такие, как мосты, например), и многое другое и, фактически, превращается просто в информационное моделирование.

A. Применение BIM в мировой практике

Применение BIM-процессов и технологий к конкретным потребностям индустрии является основным трендом, который набирает обороты в последнее десятилетие, и стимулируется необходимостью получения лучших результатов. Согласно исследованиям McGraw-Hill Construction, использование BIM, например, в США увеличилось с 17% в 2007 году до 71% в 2012, а в среднем показывает прирост на 45% за последние 3 года и 40% за последние 5 лет. Также наблюдается рост использования BIM среди различных категорий «потребителей» (stakeholders). Так, с 2009 по 2012 гг. использование BIM среди инжиниринговых компаний и контакторов увеличилось более чем на 50%. Большая часть респондентов отмечает также позитивную тенденцию в возврате инвестиций в BIM – 74% среди строительных подрядчиков, 67% для владельцев, и 65% для архитекторов.

Проведённый в Великобритании в 2012-2013 гг. исследование с участием более чем 1350 профессионалов в области архитектуры, инжиниринга и строительства показал, что 39% из них уже пользуются BIM в том или ином его выражении, а 71% согласны с тем, что BIM представляет собой «будущее проектной информации».

В. Применение BIM в государственных строительных проектах

Во множестве стран мира, использование BIM определено как обязательное на государственном уровне (см. рис. 1). Это обусловлено тем, что применение BIM

технологий позволяет дать ясную качественную и количественную оценку и реализовать практически все заявленные преимущества. Это касается как области улучшения взаимодействия участников и снижения затрат, так и снижения рисков перерасхода бюджета и превышения сроков выполнения работ на фазах проектирования и строительства зданий и сооружений.

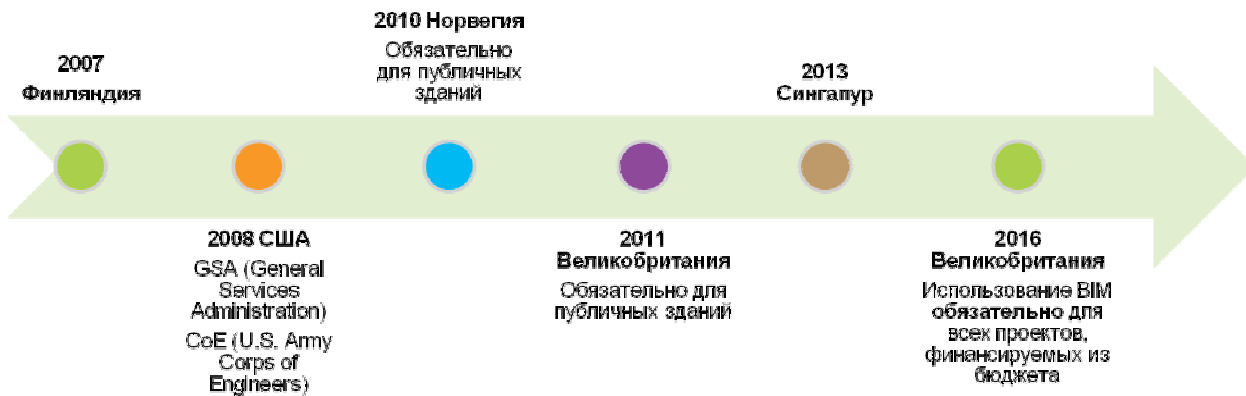


Рис. 1 История использования открытых решений BIM по странам с внедрением требований на обязательность применения

В 2006 г. Управление служб общего назначения США (GSA, General Services Administration) сделало обязательным использование BIM в США на ранних этапах проекта для всех строительных проектов с участием государства. Причем предполагалось не минимальное, а полномасштабное развертывание 3D, 4D и BIM-технологий. Одной из целей этих инициатив было снижение количества работников в проектах с 40 000 до 12 500 уже в 2006 г.

В Норвегии с 2010 г. все строительные проекты с участием государства должны выполняться с использованием BIM (базирующемся на открытых форматах IFC/IFD). В Дании многие правительственные агентства, такие, как МО, требуют использование BIM в строительных проектах. В Финском правительстве, службы, отвечающие за строительство, требуют для своих проектов применение BIM, согласованное с IFC-стандартами, с 2007 г. Правительство Гонконга с 2014 г. требует применение BIM для всех новых строительных проектов. Южная Корея планирует к 2016 г. сделать обязательным BIM для всех строительных проектов стоимостью свыше \$50 млн., и для всех, без исключения, проектов по правительственным заказам.

В Сингапуре одной из целей была объявлена реализация самой быстрой в мире системы экспертизы и формирования разрешений на строительство. Под эгидой министерства строительства (Building and Construction Authority - BCA), и с подключением всех заинтересованных сторон, в 2008 году была реализована первая в мире электронная система строительной экспертизы на основе BIM (e-submission). Проектантам необходимо представлять на экспертизу и утверждение

только информационные модели архитектурного, конструкторского и инженерного разделов проекта, которые должны содержать всю информацию, необходимую для определения соответствия требованиям, выдвигаемым регулятором (соответствующим агентством или представителем заказчика). К 2013 более 200 крупных проектов уже прошли через e-submission. С 2010 года ВСА начало реализовывать дорожную карту, которая предусматривает, что к 2015г. около 80% строительной индустрии должно основываться на BIM. Эта дорожная карта является частью плана правительства Сингапура по увеличению продуктивности строительной индустрии на 25% в последующие 10 лет.

Правительство Великобритании планировало на первом этапе снижение стоимости строительных проектов на 20% и на последующих этапах 33%. Для достижения этих показателей были выдвинуты ряд инициатив, одна из которых требует применение Level 2 BIM для всех государственных строительных проектов с 2016 г.

В Великобритании изначально фокусировались исключительно на часть жизненного цикла, связанную с проектированием и строительством. В решениях правительства экономия в 20% была отнесена на фазы капитального строительства. Однако, оказалось, что наибольшая отдача от применения BIM приходится на операционные фазы жизненного цикла объекта (эксплуатация, обслуживание, возврат инвестиций, получение прибыли и пр.). Исследования, проведенные McGraw-Hill Construction, показали, что небольшой, но крайне значимый процент владельцев объектов используют информационные модели для построения систем оперативного анализа, обслуживания, управления активами, управления внутренним пространством зданий и др. С другой стороны, около

60% контакторов отмечают средний, или даже высокий уровень запросов от владельцев на получение готовой BIM модели здания.

Обобщенно временной график внедрения технологий нами представлен на рис. 1.

IV BIM для ИНФРАСТРУКТУР

Horizontal BIM, heavy BIM, VDC, civil information modelling, BIM on its side, или BIM for infrastructure - эти термины используются в строительной индустрии в отношении к модель-ориентированным технологиям и процессам, используемым в проектах, где основными элементами являются вовсе не здания. Такие проекты, как правило, являются инфраструктурными. К ним относятся, например, инфраструктура, связанная с дамбами или плотинами, инфраструктуры связанные с подачей воды или отводом канализации, железнодорожные пути, дороги, мосты, пересадочные узлы, аэропорты, парки и др. Для более четкой

дифференциации и исключительно для зданий используется термин «vertical BIM».

Согласно исследованиям того же McGraw-Hill Construction [5], BIM приносит значительные выгоды в инфраструктурные строительные проекты. Так, если в 2009 г. только 16% владельцев инфраструктурных проектов, контракторов и АЕ-компаний обозначали «высокий» и «очень высокий» уровень применения BIM, то в 2013 г. это значение достигло 52%.

Отмечено, что объем использования BIM в инфраструктурных проектах отстает примерно на 3 года от vertical BIM, но, также, есть тенденция к более быстрому наращиванию уровня использования BIM на «горизонтальном» рынке, чем на «вертикальном». Мы перевели одну из таблиц цитируемых источников и представили ее на рис. 2 для наглядного представления читателя о динамике процесса.

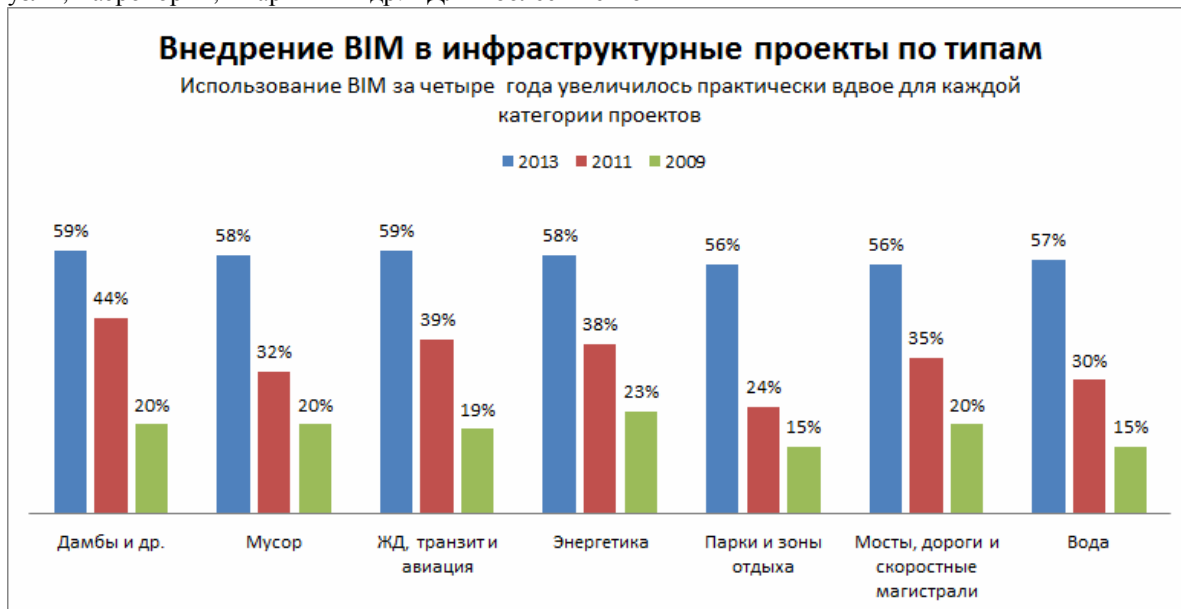


Рис. 2 Внедрение BIM в инфраструктурные проекты по типам

V ДВИЖУЩАЯ СИЛА BIM

В последние 200 лет урбанизация шла с беспрецедентной скоростью, и, соответственно, оказала наибольшее влияние на жизнь людей, чем любые другие явления на планете. Этот процесс стимулировал масштабные инвестиции в развитие как городской, так и иных инфраструктур. Это подразумевает обеспечение жизненного цикла как объектов, составляющих инфраструктуру, так и инфраструктуры в целом, включая ее проектирование, строительство и т.д.

Предполагается, что с 2013 по 2030 гг. потребуются более \$57 триллионов вложений в инфраструктурные проекты, чтобы только соответствовать планируемому росту мирового ВВП. Это, примерно, на 60% больше, чем потрачено на инфраструктуру за последние 18 лет.

Состояние окружающей среды и вызовы со стороны природных явлений также вынуждают вносить изменения в то, как мы строим, используем и обслуживаем мировую инфраструктуру. Тем более, что

к настоящему времени сформулированы требования со стороны государственных и международных органов (такие, как 20-20-20 Energy Efficiency Objective, принятые ЕС, и другие регулирующие требования по энергосбережению, выбросам CO₂ и др.), и есть насущная необходимость определить, какие из проектов соответствуют этим требованиям.

Здания потребляют около 40% мировой энергии, и выделяют около 1/3 глобального «парникового газа». Однако статистика по городам еще выше [6].

Понимая это, многие правительства во всём мире прилагают значительные усилия, чтобы исправить это положение по городам. Например, Германия занялась выработкой новых стандартов для изоляционных материалов в строительстве с целью обязательного применения их во всех строительных проектах к 2050 г., снижение потребности в энергии на отопление на 20% к 2020 г., и на 80% к 2050 г.

Из \$7 триллионов инвестируемых ежегодно в строительство за последние несколько лет, только 10% могут быть отнесены к разряду «зелёных» проектов. Но, поскольку вызовы со стороны окружающей среды

становятся все насущнее, аналитики прогнозируют увеличение этой цифры до 75% к 2020 г. Иллюстрацию изложенного можно посмотреть на рис. 3.

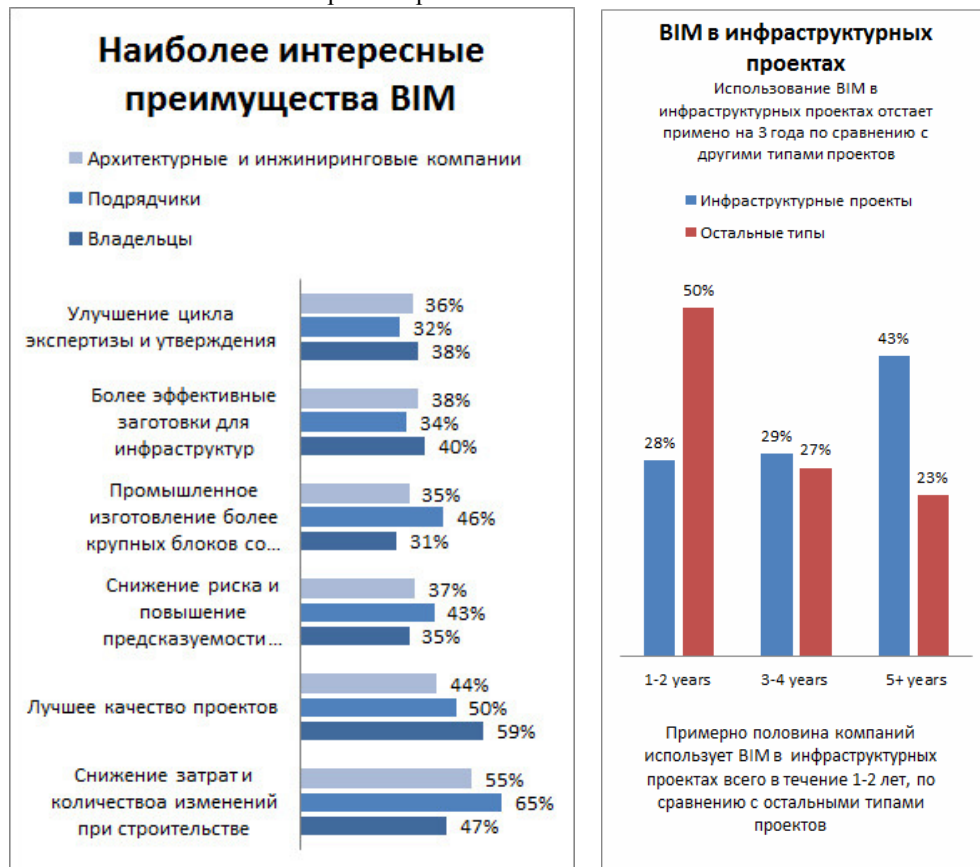


Рис. 3 Преимущества BIM

VI ПОВЫШЕНИЕ ДОЛИ ЧАСТНЫХ ИНВЕСТИЦИЙ

В связи с растущими запросами по фондированию социальных программ, правительства вынуждены выделять меньше средств на капитальное строительство и реализацию инфраструктурных проектов. В результате при реализации таких проектов они все чаще обращаются к частным инвесторам, рассчитывая покрыть эту разницу. Однако, привлечение частных инвестиций требует определённых гарантий по их возврату и определённому уровню доходности проектов.

Во многих странах, в том числе ЕС, США, Японии и Корее, производительность строительства неуклонно снижалась за последние несколько десятилетий. McKinsey выделил именно низкую производительность строительства, как важнейший фактор, влияющий на возврат инвестиций и доходность инфраструктурных проектов, что делает этот сектор менее привлекательным для частных инвестиций.

Нехватка инженерных и квалифицированных ресурсов, а также общая тенденция к старению рабочей силы во многих странах мира с развитой экономикой усугубляет необходимость повышения производительности строительства за счёт применения технологических решений, к которым относится BIM. Например, в Германии считают, что дефицит в 400 000 квалифицированных инженерных кадров в строительной индустрии ведёт к снижению темпа роста ВВП на 1%.

Таким образом, накопилась достаточно оснований для радикального преобразования строительной отрасли с акцентом на улучшение производительности. Ожидается, что инвестиции в технологии станут ключевым элементом стратегии, для того, чтобы гарантировать необходимые расширения и преобразования в мировой инфраструктуре. Для частных инвесторов или владельцев необходимо четкое понимание как они будут возвращать вложенные средства, какие инструменты использовать для управления разными этапами и каких специалистов им необходимо иметь на каждом из этапов. Эти рекомендации имеются в публикации [7]. Внедрению инноваций на разных стадиях контрактной работы в строительстве посвящено глобальное исследование [8].

VII ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЧЕРЕЗ ИТС ИННОВАЦИИ

В BIM и ГИС интегрируются различные технологические направления, такие, как 3D-моделирование, модель-ориентированное проектирование, построение и анализ различного рода поверхностей, получение объективных данных об объектах за счёт лазерного сканирования (LiDAR), реализация 3D-среды визуализации. Эти технологии в разных комбинациях всё чаще используются для улучшения фаз жизненного цикла объекта строительства, что определяет, в свою очередь, и сферы применения BIM-GIS.

Так Parsons-Brinckerhoff, подразделение Balfour

Beatty, мировой строительной фирмы, лидер в применении 3D-моделирования для проверки качества проектирования, обнаружения коллизий, параметрического моделирования, и визуализации проектных решений на этапах проектирования и 4D-моделирования (время + 3D), и 5D (стоимость + время + 3D) для контроля графика выполнения работ на этапе строительства.

В рамках целого ряда проектов этой компанией, было проявлено одно из наиболее важных преимуществ применения комбинированного инженерного и ГИС-подходов - улучшение взаимодействия между всеми заинтересованными сторонами, особенно с лицами, принимающими решения, но не имеющих необходимой технической подготовки.

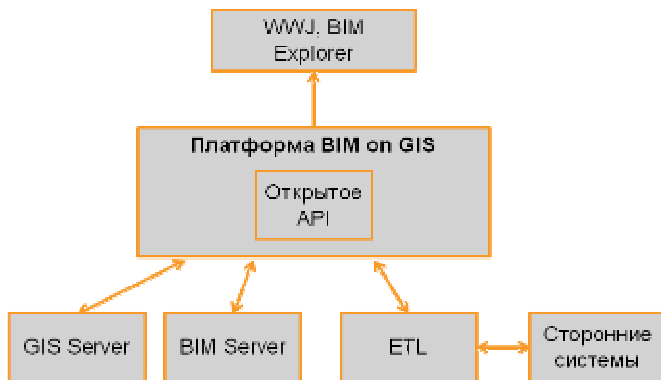


Рис. 4 Вариант реализации платформы BIM-ГИС в виде архитектуры программного решения (общая схема).

Для примера, на проектах строительства скоростных автодорог, Parsons-Brinckerhoff использует игровые технологии, прежде чем начнется реальное строительство. В результате публика может проехать по ещё не построенной дороге в виртуальном окружении, и получить детальное представление даже о временных дорогах и объездах, которые будут необходимы во время строительства.

Другой пример, ARCADIS Netherlands – инженеринговая компания, которая была привлечена к проекту по интеграции геопроостранственной информации на фазе дизайна для крупных инфраструктурных транспортных проектов. Таких, как NOV (комбинированный высококачественный общественный транспорт). В ходе проекта было признано, что интеграция геопроостранственного и инженерного дизайна в одной базе данных позволяет иметь одну копию для каждого элемента данных, при коллективном использовании его множеством рабочих групп.

Интегрированное решение упрощало взаимодействие и повышало результирующее качество дизайна. Это также позволило применить автоматизированный анализ вариантов дизайна, что сократило цикл планирования. ARCADIS выделило некоторые, критические для бизнес процесса, роли, которые геопроостранственные технологии играют в строительном жизненном цикле, включая планирование/подготовка, управление

активами/обслуживание и управление на основе as-build «в точности как построено».

Было отмечено, что есть три проблемы для интеграции инженерных и ГИС решений:

Семантика: различными терминами обозначаются одни и те же вещи в ГИС анализе и используются инженерами с проектировщиками.

Различные топологии: ГИС использует точки, линии и полигоны; CAD/BIM использует сплайны, параметрические кривые, и т.п.

Форматы данных и стандарты: ГИС использует шейп файлы, GML, и CityGML; CAD/BIM использует DWG, DGN, RVT файлы и IFC

Традиционно, проблема состояла в том, что инженеринг, с одной стороны, и ГИС, с другой стороны, были различными культурами, со своими языками и инструментами. Кроме того, они работают в разных масштабах. Если ГИС имеет дело с универсальными вещами, то инженеры ориентированы на узкоспециализированные направления. Carl Steinitz из Department of Landscape Architecture, Гарвардского университета, обозначил, что выдвигание комбинированного BIM&GIS подхода в качестве ключевой глобальной тенденции в AECO индустрии, требует и глубокого междисциплинарного взаимодействия. Это, в свою очередь, накладывает дополнительные требования на квалификацию и состав персонала, вовлекаемого в проекты на разных этапах их жизненного цикла.

Для преодоления семантического разрыва, Jaap Bakkers, программный директор, Rijkswaterstaat (часть Министерства инфраструктуры и окружающей среды Голландии), выступил с инициативой под названием Концептуальная Библиотека (CB-NL), призванной решить одновременно две проблемы. С одной стороны, это существующие трудности обеспечения на основе BIM обмена информацией между различными фазами жизненного цикла здания или сооружения. С другой стороны, это координация взаимодействия в рамках проекта с различными игроками из области каналов закупок, поставок комплектующих, ERP и т.п.

Библиотека CB-NL призвана обеспечить отображение между различными терминами, используемые различными игроками в жизненном цикле строительства и цепи поставок. В ней представлены связи таких терминов, как арочный мост, железнодорожный мост, воздухопроводы, железнодорожные стрелки, и пр., каждый из которых может быть использован в различных применениях, но в отношении одного и того же физического объекта (структуры, сооружения). Поскольку на всех различных фазах строительства используются, в тех или иных масштабах, геопроостранственные данные и технологии, и, кроме того, именно геопроостранственное положение и параметры однозначно определяют объект, то и CB-NL с необходимостью включает в себя геопроостранственные данные.

В рамках реализации в Голландии 3D-кадастрового стандарта, разрабатываемого Национальным комитетом по инфраструктуре геоданных, развернут проект по

выравниванию OGC CityGML стандарта, основанного на GeoBIM, и IFC стандарта, широко используемого в строительстве.



Рис. 5 Гармонизация стандартов и моделей в проекте внедрения BIM-ГИС в отрасли архитектуры и строительства в Южной Корее

Комбинация ГИС и BIM в применении к инфраструктурным проектам, позволяет «вернуть процессу строительства голову», по словам Ron Singh, директора Департамента транспорта (DoT) штата Орегон. Одним из трендов, привлекающих много внимания во всем мире, является создание автономных, самоуправляющихся транспортных средств. Три штата в США уже взяли несколько таких машин (типа Google Cars) на тестирование в условиях федеральных трасс.

Появление на дороге самоуправляющейся машины означает, что эта дорога должна быть изначально «интеллектуальной». По опыту тестирования, оказалось, что это означает, что должна быть в наличии вовремя обновляемая и корректируемая, актуальная и стандартизированная информационная модель интеллектуальной дороги. Это, в свою очередь, приводит к требованиям фундаментального изменения всего процесса проектирования и обслуживания дорожной сети.

Это означает, что 80-90% данных, требуемых для инициации проекта строительства дороги, поступающих из ГИС, и передаваемых на дальнейшую инженерную проработку, необходимо, впоследствии, после строительства, дополнительно проверять для обеспечения гарантий, что все выполнено точно, и соответствует текущему состоянию спроектированной дороги. То есть насухо необходим механизм проверки соответствия информационной модели дорожной сети, проектным требованиям, реализованным проектным решениям и текущему ее физическому состоянию.

Как осуществляется гармонизация подходов мы постарались изложить на рис. 4 и 5.

VIII ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ЗДАНИЯ И GREEN BIM

Основные экономики, такие, как страны ЕС, США и Япония, приняли обязательной программу реализации низкоэнергетических (near-zero energy) зданий. Программа подразумевает снижение, как потребляемого объема энергии, так и выделяемого зданием тепла и других видов «энергии» (вода, газ, отходы,). В ЕС, согласно EPBD (Energy Performance of Buildings Directive, Директива об Энергетической Эффективности Зданий) к 2018 году, все публичные здания должны

проектироваться как низкоэнергетические, а к 2020 это требование распространяется на все проектируемые здания. В США, согласно Energy Independence and Security Act 2007 года, все федеральные здания и сооружения должны быть к 2030 проектироваться исключительно как низкоэнергетические. Аналогичные требования планируется ввести и в Японии.

В результате, предполагается рост индустрии низкоэнергетических зданий около 43% в год, и достигнет \$690 миллиардов к 2020, и \$1.3 триллиона к 2035. Другой важной инициативой во многих городах является управление использованием электроэнергии. Для примера, в Онтарио, регулятор требует от энергетических компаний снижения пикового спроса на электроэнергию на 6% а общего потребления на 5% к 2014.

Для достижения этих показателей и в соответствии с прогнозируемой экономией средств, энергетические компании развернули программу по внедрению в практику проектирования зданий требований и стандартов, обеспечивающих снижение энергопотребления зданий до необходимых пределов.

BIM&GIS являются ключевым источником данных для моделирования и анализа энергетической эффективности зданий. Многие компании используют методы анализа энергоэффективности для обеспечения архитекторов и инженеров данными для оптимизации энергопотребления проектируемых зданий.

Первым шагом на пути моделирования и анализа энергоэффективности является реализация BIM модели. Соответственно, анализ энергоэффективности здания, требует данные географического положения, данные об окружающих зданиях и инфраструктурах, другие данные о состоянии окружающей среды. Канадская компания 3D Energy рассчитала, что использование BIM&GIS в проектировании зданий и расчетах их энергоэффективности позволяет более чем 40% снизить затраты на электроэнергию.

Именно эти подходы, объединенные терминами зеленое строительство или GreenBIM, имеют наибольшую динамику развития [9, 10]. Непосредственно к этому направлению примыкает тема, как сделать здания такими, чтобы минимизировать потенциальные угрозы здоровью человека, это очень большая тема отработывалась вместе со специалистами медицины, и мы отсылаем читателя к [11].

ИХ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В РАМКАХ УМНОГО ГОРОДА

Все больше городов в мире начинают осознавать практические возможности, которые привносит комплексное применение новейших информационных технологий, включая BIM, ГИС, интеллектуальные модели сетей для электричества, водных ресурсов, канализации, коммуникаций, транспорта и других инфраструктур. Города соревнуются, кто из них «зеленее». И это не просто прихоть, а суровая необходимость, вызванная ростом «городских заболеваний» и резким возрастанием денежных затрат на поддержание здоровья нации «переехавшей» в умные города в цифровой экономике, но столкнувшейся с совершенно иными последствиями прогресса.

Практическим результатом такого рода инициатив являются создание каркаса (framework) для развёртывания новых проектов, где декларируемые преимущества применения BIM&GIS трансформируются в осязаемые выгоды для городских служб, в том числе и в денежном выражении.

А. Моделирование городской инфраструктуры

Точная геолокация подземных коммуникаций, сетей и сооружений является общемировой проблемой. По статистике, в США, например, каждые 60 секунд кто-нибудь непреднамеренно бьёт или разрушает трассы подземных коммуникаций. В последние годы, как на муниципальном уровне, так и на уровне министерств признано, что цена за недостоверную и неточную информацию о размещении подземной инфраструктуры стала непомерно высока.

Было проведено несколько исследований, спонсированных государственными организациями, которые показали рентабельность (ROI) инвестиций в

улучшении качества информации о подземных коммуникациях.

В ретроспективном исследовании под эгидой департамента транспорта (DoT) США в 1999 году, ROI оценивается в \$ 4,62 за каждый вложенный доллар.

В 2004 г., в исследованиях, спонсируемые Ontario Sewer and Watermain Contractors Association (водопроводные сети, канализация и очистные сооружения), ROI был оценен в \$3.41

В 2007 г., департамент транспорта (DoT) Пенсильвании оценил ROI в \$21.00

В 2012-2013 гг, по итогам нескольких проектов шоссе в Онтарио, были получены результаты по ROI в пределах \$2.05-6.59 на каждый вложенный доллар.

Ломбардия модель инфраструктуры, Италия – ROI 16 € (\$ 21,25)

В. Комплексные строительные проекты

Комплексные проекты по модернизации строительной индустрии, идут, как правило, при непосредственном участии государственных структур.

В виду значительного объема работ по таким проектам, и необходимостью вносить изменения в стандарты, практики работ и требования к строительным и подрядным организациям, такие проекты фокусируются на критические области, где ожидается максимальная отдача от внедряемых технологий. В таких проектах в полной мере используется технологические возможности BIM&GIS, и, как правило, они привязаны непосредственно к бизнес-процессам и сопредельным системам и технологиям, таким, как ERP. Одним из самых ярких лидеров этого направления является Южная Корея. Южная Корея: Проект OpenBIM и динамику его развития можно посмотреть на рис. 6.

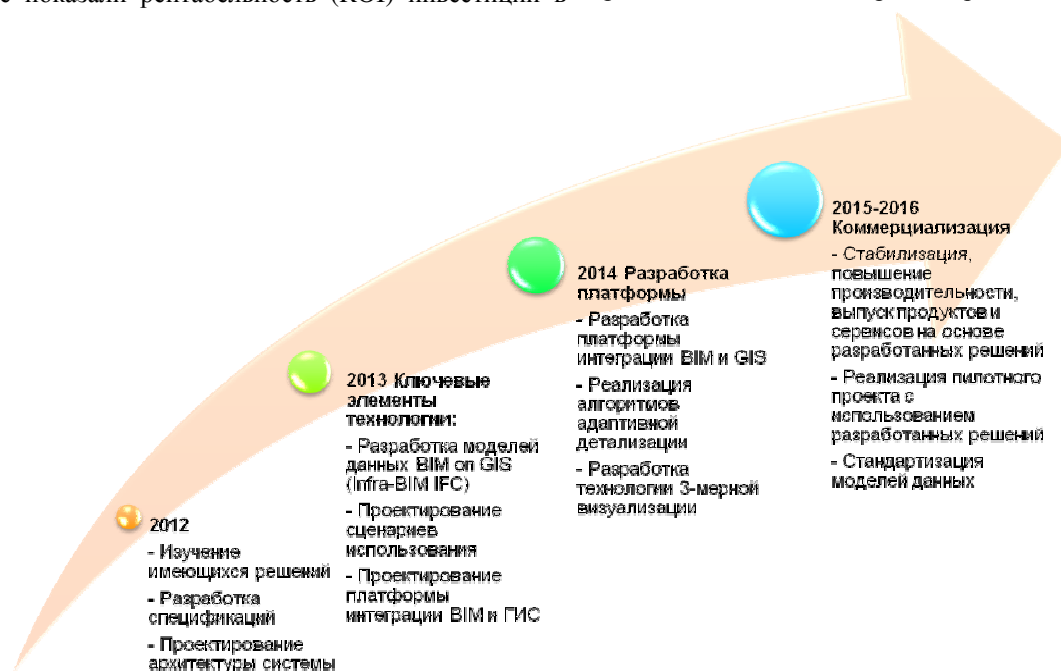


Рис. 6 Этапы проекта внедрения BIM-ГИС в отрасли архитектуры и строительства в Южной Корее

Ключевым для сложных строительных проектов является вопрос об измерениях результатов и их оценки. Вышедшая в 2015 книга [2] содержит подробную информацию по этому вопросу.

IX ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последующие два десятилетия следует ожидать значительные инвестиции в информационные технологии, которые становятся частью основного бизнеса компаний из числа вовлеченных в АЕСОО индустрию. Это касается не только государственных компаний и структур, но и, в значительной мере, частных компаний, заинтересованных в повышении уровня возврата инвестиций, где применение информационных технологий начинают играть весомую роль.

ВМ, ГИС, комбинированные технологии, взаимодействие с ERP и EAM, а также приложения, построенные на их основе, являются тем ключевым фактором, который позволяет получить требуемые результаты и бесспорно сегодня одна из самых проработанных тем цифровой экономики с точки зрения возможностей практического анализа статистических результатов.

Сегодня в России сотни компаний уже заявили о начале применений технологий ВМ, еще больше компаний и структур применяют ГИС технологии (анализ и цифры были получены путем интернет исследования на базе пресс-релизов и публичных заявлений). Однако значительная часть из них - это вертикальный ВМ (в этом плане в России повторяются мировые тенденции). Сегодня наша страна, как и многие другие, вынуждена ускоренно искать инновационные решения выхода из кризиса и рассчитывать очень тщательно свои инвестиции в те или иные направления. Частные и государственные компании объективно работают в условиях сужающегося рынка и то же ищут ответы на вопросы об эффективности своей деятельности. Использование апробированного мирового опыта может существенно помочь в принятии правильных решений, а стандарты российского информационного моделирования (ВМ) уже опубликованы для обсуждения. Для облегчения этого процесса мы составили таблицу (рис. 7) о том, что требует по мировому опыту поддержки для успешности этих процессов.

Комплексные проекты зданий в 21 веке требуют беспрецедентного внимания к деталям. Много лет профессиональные строители искали эти детали в различных бумажных изданиях, но волна новых ИТС технологий, которая прошла через строительную индустрию, упростила и ускорила эти процессы методами цифрового моделирования зданий. Необходимо понимать, что для успешного применения ВМ, как ИТС средства, его должны применять и использовать совместно строительные компании и их партнеры по бизнесу, коллеги и клиенты этих компаний.

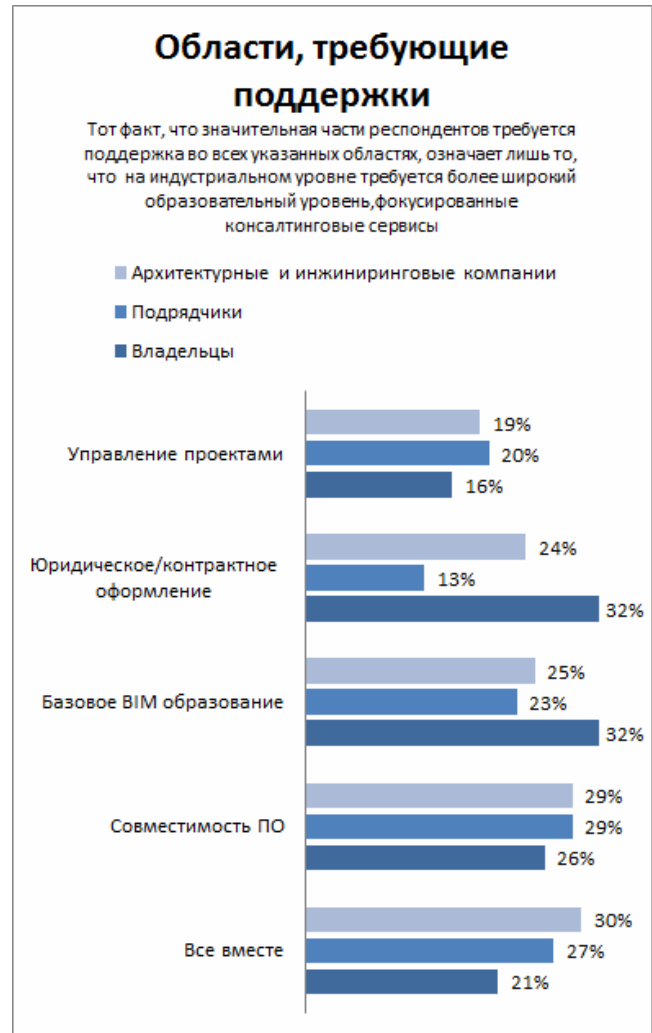


Рис. 7 Области, требующие поддержки

Отметим 10 основных направлений, по которым информационное моделирование изменяет структуру бизнеса строительных компаний:

1. ВМ создает возможности для сотрудничества всех заинтересованных в успехе проекта.
2. ВМ изменяет способы и методы работы в строительной отрасли.
3. ВМ стал хорошо налаженным и развивающимся ИТС инструментом проектировщиков и строителей. Отметим возрастающее влияние новых технологий таких как – VDC (виртуальное проектирование и строительство) и IPD (интегрированная реализация проектов).
4. ВМ помогает инженерам проектировать и реализовывать решения для зеленых зданий.
5. Использование технологий ВМ позволяет сокращать строительные отходы.
6. Развитие ВМ позволяет делать и применять новые приложения, такие как, например, использование большего числа измерений (4 измерение – время, 5 измерение – денежные затраты и т.п.).
7. При принятии решений о внедрении ИТС ВМ технологий необходимо учитывать, кто из ваших конкурентов уже внедрил эти технологии.
8. Вложения в ИТС технологии ВМ приводят к

ускоренному возврату инвестиций.

9. Использование BIM позволяет достичь лучшего понимания строительным компаниям со своими клиентами, партнерами и инвесторами.

10. BIM помогает компаниям адаптироваться к цифровой экономике.

Все то, что было инновационным и оказалось полезным и выгодным для человечества становится рутинной практикой. В 2016 году этот процесс в мире цифровой экономики был отмечен выходом книги про BIM в хорошо известной серии «Для чайников» или «начинающих» [12] и это хороший знак для всех, кто хочет получить от этой технологии практические экономические выгоды.

Однако технологии ИТС информационного моделирования или BIM продолжают интенсивно развиваться. Приведем только некоторые направлений их развития [1]:

1. Виртуальное проектирование и строительство (VDC).

Сегодня VDC уже имеет значительную практику применения, и стал важной частью расширения ИТС технологий BIM. Суть его в том, что при любой стадии жизненного цикла здания и сооружения через использование общих стандартов и телекоммуникаций создаются возможности привлечения в проекты на базе общей цифровой информационной модели наиболее подходящих участников как внутри страны (это очень важно в России с ее размерами), так и вне нее.

Особенно важно применение VDC для инфраструктурных проектов, затрагивающих интересы нескольких стран. Характерен в этом отношении проект Европейского сообщества - BIM-V-CON [13]. Сутью последнего является выработка стандартов VDC для дорожного строительства. Исследовательская часть по этому проекту заканчивается в октябре 2016 года публикацией проектов следующих европейских стандартов: Правилами цифрового информационного для дорожной отрасли; Структурой BIM библиотеки (элементов дорог) и правил работы с ней; Требованиям к выбору BIM серверов.

В публикации [14] приведены экономические и иные выгоды от применения VDC, полученные в основном тоже при реализации дорожных проектов в США. При этом достигается:

50 % экономия времени на фазе проектирования;

80% снижение времени на комплексную оценку стоимости;

60% снижение объемов запросов на повторное предоставление информации;

7% экономия времени в части реализации комплексного графика выполнения работ;

Порядка 600 дней экономии внутри исполнения комплексного графика выполнения работ;

Производительность работ увеличилась более чем на 25 %;

Достигнуто 2,95% экономии в прямой оценке стоимости работ.

2. Дроны.

Сегодня происходит огромный рост применений

дронов в практической работе строительных и инженерных компаний. Выгоды от их применения следующие:

Экономия времени, улучшение безопасности, получения доступа к более обширной информации и улучшение процессов принятия решений.

3. 3D печать.

Собственно, так как технология BIM основывается на 3D цифровой модели, то применение 3D печати напрашивается само собой. Последствия от применения этого расширения BIM технологии таковы:

- Более быстрое и точное строительство;
- Снижение стоимости рабочей силы;
- Снижение отходов на строительном производстве;
- Улучшение вопросов охраны труда, безопасности и здоровья работающих;
- Оценочно происходит снижение отходов в строительстве на 30-60 %, время производства строительных работ уменьшается от 50 до 70%, при этом стоимость рабочей силы может быть уменьшено на 50-70 %.

4. Большие данные (BIG DATA).

Так как при использовании цифрового информационного моделирования количество цифровых данных внутри разных стадий жизненного цикла зданий и сооружений резко растет, и они становятся неструктурированными, то применение методов работы с данными известными как Большие Данные или BIG DATA является следующим шагом развития BIM технологий. Как правило, это далеко не пассивное хранение данных, а активное применение аналитических средств обработки данных. Один только правильно примененный предиктивный анализ позволяет снижать общую стоимость строительных проектов на 5-7 %.

5. Мобильные/ безбумажные технологии.

Мобильные устройства стали играть критическую роль в повышении продуктивности работ всех занятых в современном строительстве. Они позволяют практически незамедлительно доводить самую актуальную информацию непосредственно до исполнителей, который в свою очередь сам становится источником достоверной информации. Разработки ведущих компаний в области лазерных технологий в строительстве, таких как Leica и Trimble позволяют осуществить лазерную съемку непосредственно на строительной площадке и мгновенно передать эти данные для обработки в офис. С другой стороны работник офиса, пользуясь только электронной ручкой, так же мгновенно может отправить нужную информацию в поле. Необходимо отметить, что на принципах отслеживания точной позиции на земле построено и управление строительной техникой и на точном компьютерном учете управление складами (штрих-коды или RFID) [15]. Кроме того, сегодня началось создание нового поколения APP приложений на мобильных устройствах, резко снижающих стоимость функциональных решений, в том числе, за счет активного использования сенсорных и иных возможностей современных смартфонов.

Даже без учета этих обстоятельств и только на документообороте результаты выглядят очень убедительно. Известно, что порядка 15% затрат строительной организации уходит на создание, управление и распределение информации. При этом в традиционном подходе 8% этой информации теряется и 3% ее содержит ошибки. При внедрении мобильных/безбумажных технологий эти потери практически исчезают.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Bent Flyvberg "Mega-project and Risk. An Anatomy of Ambition" Cambridge University Press. 2003.
- [2] Measuring the Impact of BIM of Complex Building-BIM Smart Market Report, Dodge Data & Analytics 2015.
- [3] Kapoor K., Millard J., Weerakkody V. Smart Transport for Smarter Cities in the UK. – 2015.
- [4] Куприяновский В. П. и др. Умные города как «столицы» цифровой экономики //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 2. - С. 41-52
- [5] The Business Value of BIM for Infrastructure. SmartMarket Report. McGraw-Hill Construction 2012
- [6] Green BIM. How Building Information Modeling is Contributing to Green Design and Construction. SmartMarket Report. McGraw-Hill Construction 2010.
- [7] The Business Value of BIM for Owners. McGraw-Hill. 2014.
- [8] Business value of BIM in Global Markets: How Contractors Around the World Are Driving Innovation with Building Information Modeling. McGraw-Hill. 2014
- [9] World Green Building Trends. McGraw-Hill 2013.
- [10] World Green Building Trends. Dodge Data&Analytics 2016
- [11] Drive Toward Healthier Building. The Market Drivers and Impact of Building Design and Construction on Occupant Health, well-being and Productivity. McGraw-Hill 2014
- [12] Stefan Mordue, Paul Swaddle, Dave Philip «Building Information Modeling for Dummies» John Wiley&Sons 2016
- [13] V-Com Fact Sheet. UC 31 October 2012
- [14] Top 5 Emerging Technologies for 2016 in Engineering & Construction. RedVector 2015
- [15] Устинов Н. А., Намиот Д. Е. О практическом использовании QR-кодов в гео-информационной системе //International Journal of Open Information Technologies. – 2013. – Т. 1. – №. 9. – С. 17-22.

The economic benefits of the combined use of BIM-GIS models in the construction industry. Review of the state of the world

Vasily Kupriyanovsky, Sergey Sinyagov, Dmitry Namiot, Julia Kupriyanovsky

Abstract— The aim of this study is to identify the global trends in the use of combined BIM and GIS-technologies in the construction industry for different categories of stakeholders and organizations across the spectrum AECOO-industry interests. These organizations are also planning institutes, and operators, as well as companies which play the role of general contractor in large infrastructure projects with a complex structure such as, for example, projects for the construction of urban and national infrastructures.

Keywords—BIM, GIS, information modeling.