



Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spbstu.ru



ВМ-технологии в мостовом проектировании

Е.А. Морина^{1*}, А.И. Макаров²

¹⁻² Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ	История	Ключевые слова
УДК 69.003.13 doi: 10.18720/CUBS.57.3	Подана в редакцию 13.11.2016	ВМ-технологии; мостовое проектирование; информационное моделирование; программное обеспечение; инновации; гражданское строительство; здания; сооружения;

АННОТАЦИЯ

В настоящее время строительные проекты приобретают все больший масштаб. Все шире становится спектр конструктивных и архитектурных форм мостовых сооружений, осваиваются новейшие строительные технологии и материалы. Контролировать и управлять крупными технологическими процессами невозможно без использования компьютерных технологий. Вследствие этого, широкое применение в области строительства находят ВМ-технологии (Building Information Modeling – информационное моделирование здания). Главной целью данной статьи является определение и изучение инновационной ВМ-технологии в отрасли проектирования мостов, а также раскрытие проблемы внедрения ВМ-технологий в мостовое проектирование. В статье показано, что благодаря технологии ВМ можно собрать и систематизировать все данные об объекте, а управление этой информацией сделать эффективным. На примере строительства моста через реку Янцзы выявлено, что в результате применения ВМ, время реализации проекта сокращается в два раза, а также значительно проще и удобней осуществляется обслуживание готового объекта. В рамках поставленной цели решаются такие задачи, как выявление преимуществ и недостатков использования ВМ-технологий в мостовом проектировании, а также изучение факторов, влияющих на переход к использованию данных технологий в проектных организациях. Для этого были изучены статьи, в полной мере раскрывающие возможности ВМ-проектирования, и статьи, отражающие уровень распространенности ВМ-технологий в гражданском строительстве и конкретно строительстве мостов на данный момент.

Содержание

1.	Введение	31
2.	Обзор литературы	31
3.	Цель исследования	33
4.	Основная часть	Error! Bookmark not defined.
4.1	Преимущества ВМ-технологий на примере проектирования реального объекта	33
4.2	Факторы, препятствующие переходу к ВМ-проектированию	34
4.3	Выгоды от применения ВМ-технологий	35
5.	Заключение	36

Контакты авторов:

- 1* +7(911)8360769, lenuk_ya_ne@mail.ru (Морина Елена Андреевна, студент)
2 +7(911)8375750, almak17@yandex.ru (Макаров Алексей Игоревич, студент)

1. Введение

В архитектуре и строительстве различных зданий и сооружений, как и во многих других отраслях, технологии не стоят на месте. В проектировании гражданских зданий уже давно отошли от классического метода черчения на бумаге и перешли к электронным CAD-системам. Следующим шагом был переход к 3D-моделированию конструкций, а самым пиком инноваций в сфере проектирования зданий и сооружений в настоящее время является использование BIM-технологий.

Сегодня компании, реализующие проекты дорог, мостов и прочих объектов транспортной инфраструктуры, встают перед трудными задачами. В данной сфере проекты, с одной стороны, все возрастают и возрастают в количестве, и, что немаловажно, по мнению аналитиков, такая тенденция сохранит свои обороты еще как минимум до 2020 года. В противовес этому, растет и объем проектов, их сложность и многогранность. В то же время рентабельность крупных компаний, занимающихся строительством мостов и дорог, значительно падает. Причина этого кроется в постоянном давлении со стороны заказчика на экономичность проекта и, как следствие, его скорость. Так, к примеру, аудиторская компания KPMG оценила снижение рентабельности мостостроительных компаний в период с 2009 по 2012 год с 12% до 9%.

Любые недочеты строительства и тем более ошибки проектирования, а также непланируемые заранее затраты, избыток рабочей силы и оборудования при резко падающей рентабельности могут привести к нежелательному исходу.

Ошибки, допускаемые вследствие неграмотности рабочих и проектировщиков, могут содержать неточные данные о рельефе местности, существующей застройке и имеющейся инфраструктуре. Так как автомобильные и железные дороги имеют немалую протяженность, то подобные недочеты в результате могут приумножить итоговую стоимость строительства. В особенности это относится к развязкам, мостовым переходам, тоннелям и другим участкам дороги, где цена строительства единицы площади значительно выше.

Проблемы, встающие перед мостостроительными организациями, ждут своего решения. Однако активное использование инноваций в мостостроении тормозится несовершенством российского законодательства. Для более широкого применения современных технологий в него требуется внести поправки – необходимо разработать план мероприятий поэтапного внедрения технологий информационного моделирования объектов в области дорожного хозяйства.

Применение BIM-технологий как технологий, уменьшающих количество ошибок и недоработок при проектировании, а также сокращающих сроки реализации и стоимость проекта, может сыграть ключевую роль в мостовом проектировании в ближайшее время. Компании, заинтересованные в получении преимущества на тендерах по строительству мостов и тоннелей, а также других объектов транспортной инфраструктуры, уже стремятся применять технологии BIM. Тем самым становится очень актуальным переход современных проектных организаций на BIM-проектирование.

2. Обзор литературы

В общем, анализ литературы показал, что технология BIM упрощает совместную работу, работу над проектом в комплексе и позволяет контролировать и устранять недоработки на каждом этапе проектирования [1-11]. Это осуществляется посредством следующих факторов. Проектирование начинается не с абстрактной двухмерной схемы (чертежа, плана), а с создания его пространственной 3D-модели. Дальше к этой модели добавляют новые измерения, несущие всю сопутствующую проекту информацию (о материалах, ценах на них, геодезических условиях и пр.). Исходя из введенных данных, программа помогает вносить поправки в модель [2]. Благодаря этому создание чертежей и отчетов автоматизируется, становится удобнее анализировать проект и составлять графики работ.

В источниках [12-27] отражаются конкретные результаты и достижения при проектировании объектов. К примеру, на базе информационной модели BIM с использованием программных продуктов Autodesk и «Техсофт» успешно реализован и введен в эксплуатацию с возможностью дальнейшего мониторинга проект «Тюмень-Арены» [12]; запроектирован 14-этажный двухсекционный жилой дом в Казани [14]; с учетом технологии информационного моделирования сегодня эксплуатируются ледовые объекты в городе Сочи, а также Ахмат-Тауэр в Грозном. При строительстве перинатального центра в Красноярске было достигнуто снижение стоимости проекта и сокращение сроков его реализации, благодаря своевременному выявлению коллизий и их последующему устранению [22].

Некоторые статьи подчеркивают возможность рассмотрения объекта строительства как единого целого посредством BIM-проектирования, за счет чего значительно снижается сложность и трудоемкость проекта [28-29]. Кроме того, достоинством BIM-технологий также является тот факт, что они позволяют поддерживать связь между группами разных специалистов (проектировщиков, геодезистов, экономистов), которые могут работать с данной единой моделью. В результате нет необходимости в многократном вводе аналогичной информации, исключается потеря данных, ошибки при их преобразовании и передаче между службами [10].

Немаловажно, что помимо ведения проектной деятельности упрощается и управление процессом проектирования [30-44]. За счет внедрения технологии BIM становится возможным повышение качества и, сокращение сроков и стоимости проектной продукции [30]. Например, при создании нового корпуса Музея искусств в Денвере (США) для организации взаимодействия субподрядчиков в процессе проектирования и возведения каркаса здания применялась специально разработанная для этого объекта информационная модель. По данным генерального подрядчика, применение технологии BIM сократило срок строительства сложнейшего по своей форме и внутреннему оснащению здания на 14 месяцев и привело к экономии около 400 тысяч долларов при сметной стоимости объекта в 70 миллионов долларов [42]. Тем самым внедрение BIM-технологий является актуальным, и в их развитие вкладываются инвестиции [3].

Однако процесс внедрения не так прост, и организации сталкиваются с рядом задач, препятствующим введению BIM: дороговизна, сложность перехода, отсутствие достаточного количества специалистов, вероятность монополизации рынка [7,45-53]. При прочих факторах, эффективность процесса внедрения BIM зависит и от того, на каком этапе своего жизненного цикла находится внедряющая организация. И если этот этап не благоприятен (к примеру, компания только вышла на строительный рынок), то и результат будет далек от оптимистичных ожиданий [49].

Также сравнительно невысокий темп внедрения BIM-технологий в компаниях, специализирующихся на проектировании и строительстве транспортных объектов, связан с базовыми принципами работы отрасли: для подавляющего большинства проектов в качестве заказчика выступает государство, в подходе которого цепочка «заказчик — проектировщик — строитель» имеет множество разрывов. Как следствие, на каждом из этапов возникают потери информации, приводящие к ошибкам, незапланированным затратам, простоям ресурсов и дополнительным расходам [54-56].

Огромным опытом во внедрении BIM-технологий обладают зарубежные страны. В статьях [57-60] описывается успешное овладение и применение Building Information Modeling в различных сферах строительства и землепользования. Подчеркивается возможность анализа энергоэффективности проекта сразу после создания модели [61-64], разработки компонентов на основе уже запроектированных в программе [65], анализа устойчивости сооружения [66,67], автоматизации планирования стройплощадки [68] и оптимизации проектирования [69-75], а также реконструкции здания в целом [76]. Вследствие немалого накопленного опыта, в зарубежных источниках [77-81] можно найти огромное количество полезных советов для компаний, решивших перейти на новый уровень проектирования – 3D-моделирование. В основном, в данных руководствах внедрение BIM разделяется на два этапа. Первый этап заключается в создании нормативно-технической и правовой базы использования технологий информационного моделирования в изысканиях, проектировании и строительстве, а также в отработке решений на пилотных проектах. А второй – в формировании инфраструктуры и подготовке кадрового потенциала для внедрения технологий цифрового моделирования объектов.

В настоящее время BIM-технологии, в основном, используется в гражданском проектировании [82], однако есть необходимость его внедрения и в транспортную инфраструктуру, т.к. сейчас в мире нет ни одного BIM-стандарта для комплексного описания проектов автомобильных дорог и, как следствие, нет ни одной САПР (система автоматизированного проектирования), которая могла бы называться BIM-системой для линейных объектов [83].

Только небольшое количество проектных организаций в сфере проектирования мостов и дорог разработали для себя комплексное решение, базирующееся на технологиях информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства [84-88]. Существуют также BIM-решения Autodesk для объектов инфраструктуры [89], но при всем этом мостостроительные компании применяют технологии BIM только частично, например, при исследовании фактического технического состояния мостового сооружения [90] или поддержке жизненного цикла дорог [91], но не решаются на внедрение BIM в полной мере. Но необходимость в этом растет вследствие как конструктивной сложности данных объектов [92-94], так и их высоким уровнем ответственности [95]. Немаловажным «толчком» является и стремительный рост количества проектов в сфере мостостроения [96]. Особенно выделяется такой положительный фактор внедрения BIM, как экономическая эффективность при проектировании в автодорожной отрасли [97-98], где затраты ресурсов значительные.

3. Цель исследования

Цель данного исследования заключается в отражении актуальности внедрения и использования BIM-технологий в мостовом проектировании.

В рамках исследования решаются следующие задачи:

1. Выявление преимуществ и недостатков внедрения и использования BIM-технологий, применяемых как к гражданскому, так и к транспортному проектированию.

2. Изучение факторов, влияющих на переход к использованию данных технологий в проектных организациях, а также следствий перехода к BIM-проектированию.

Объект исследования представляет собой процесс внедрения информационного моделирования сооружений (BIM) в область проектирования мостов.

4. Положение технологий BIM в мостовом проектировании

Мосты, как известно, состоят из достаточного большого числа конструктивных элементов, а также включают в себя сложные многоуровневые развязки и тоннели. Следовательно, при проектировании моста целесообразно разрабатывать модель с помощью строительного информационного моделирования. Кроме того, эта технология особенно удобна в применении, если дело идет о таких масштабных проектах.

4.1 Преимущества BIM-технологий на примере проектирования реального объекта



Рис. 1 Модель моста Сутун через реку Янцзы в Китае

Инновационной разработкой в строительстве мостов является выполненный с помощью BIM-технологий проект второго автомобильного моста Сутун через реку Янцзы в Китае общей длиной 57 км (рис.1,2). Проект включает в себя собственно мост (13 км) и два расширения – на северный (23 км) и южный (21 км) берега. Этот мост является самым большим по протяженности мостом, построенным из цельных балок, и самым длинным вантовым мостом (длина основного пролета составляет 1088 метров) с четырьмя пилонами. Мост построен и введен в эксплуатацию в 2007 году.

Проект разработан с помощью приложения RM Bridge Professional компании Bentley для 3D-моделирования мостов различных типов с применением различных материалов и технологий строительства. Bentley Systems можно назвать последовательным и ярко выраженным сторонником параметрического моделирования и технологии BIM. Программы этой системы уже приобрели огромную популярность, за счет удобства в использовании при комплексном применении на объектах совершенно различного масштаба и предназначения, от небольших жилых домов до мостов, стадионов и промышленных предприятий. Более того, компания Bentley Systems ввела и уже активно использует

термин BIM (Bridge Information Modeling – информационное моделирование мостов). Данное словосочетание уточняет концепцию BIM для мостового проектирования.



Рис. 2 Мост Сутун через реку Янцзы в Китае (Wuhu Yangtze River Highway Bridge, China)

Применение технологий BIM при проектировании и анализе строительства моста Сутун позволили упростить решение таких сложных задач, как глубокий почвенный горизонт, сложная гидрология и неблагоприятный климат (воздействия ветра). Эти задачи требовали серьезного анализа больших смещений, вызванных различными потенциальными условиями. Важным было и изучение динамических свойств, обусловленных ветром, сейсмическими событиями и столкновениями кораблей с пилонами. Особое внимание было уделено оптимизации натяжения канатов, т.к. для вантового моста этот фактор является ключевым на стадии строительства [99].

В процессе проектирования натяжение канатов было точно настроено с помощью AddCon, специального модуля в приложении RM Bridge Professional, автоматически рассчитавшего оптимальное распределение натяжения и необходимую последовательность напряжения канатов

С целью противодействия динамическим нагрузкам (большим смещениям, часто возникающим, например, вследствие изменений температуры) были применены нелинейные демпферы. Конструктивные параметры демпферов, включая промежуток, упругую жесткость и динамические характеристики, были также рассчитаны в приложении, созданным компанией Bentley.

Статический и динамический анализ были полностью осуществлены в приложении RM Bridge Professional. Это обеспечило виртуальное решение всех конструкторских проблем. Способность системы моделировать существенные воздействия с временной зависимостью и анализировать стадии проектирования дало очевидные преимущества в сроках реализации проекта и его стоимости.

В итоге использование BIM-технологий повысило эффективность работ на 20% и сэкономило 8 недель работ по проекту, а также трехмерная информационная модель моста позволит сократить расходы в период эксплуатации и технического обслуживания на 2 млн долларов США [100]. В России система RM Bridge только начинает внедрения, поэтому пока нельзя назвать проекты, выполненные в данной среде.

4.2 Факторы, препятствующие переходу к BIM-проектированию

Как мы уже выяснили, BIM-проектирование имеет массу преимуществ по сравнению с классическими CAD-системами. Так почему бы сразу всем не перейти на новые технологии? Есть определенные факторы, препятствующие данному процессу перехода.

Например, расходы, уровень которых определяется как решением общих вопросов, связанных с внедрением BIM (программное обеспечение, обучение персонала и т.д.), так и с особенностями конкретной организации, занимающейся этим процессом.

При внедрении BIM в проектной организации необходимо помнить, что:

1. Переход на BIM – это, в первую очередь, переход к совершенно другой технологии проектирования, а не смена компьютерной программы;
2. Требуется изменение организации процесса проектирования, т.е. фактически необходимо заменить традиционный подход к проектированию объекта на его компьютерное моделирование;
3. Нужно менять психологию проектировщиков: теперь работа над объектом осуществляется не индивидуально, а коллективно, т.е. требования к качеству работы высокие.



Рис.3 Основные расходы, связанные с внедрением BIM

Новое программное обеспечение (ПО), квалифицированные в данной области сотрудники, увеличение темпов работы на начальном этапе после перехода на BIM–все это требует денег, которые выделить не всегда возможно, особенно в условиях кризиса.

Что касается программного обеспечения и обновления компьютеров, цены на соответствующее ПО действительно высокие. На официальном сайте Autodesk продукты компании: Autodesk Navisworks Manage, Autodesk Revit Structure, Autodesk Revit Architecture, Autodesk AutoCAD Civil3D продаются за немалые суммы в 300-350 т.р. за рабочее место.

Кроме того, технология параметрического моделирования (BIM) имеет разную степень готовности для внедрения в различных отраслях строительства и проектирования. Так, в сфере транспортного строительства BIM-проектирование пока даже не имеет практики применения и, следовательно, никаких соответствующих стандартов программного обеспечения пока не предусмотрено. Проблему с отсутствием стандартов управления и практики применения можно решить – эти стандарты могут быть позаимствованы с минимальными изменениями из сферы строительства зданий. А препятствие в виде отсутствия стандартов на модели данных транспортной инфраструктуры (дорог, мостов, тоннелей и пр.) является главным и все еще мешает распространению технологий BIM в транспортном строительстве на полноценном уровне.

4.3 Выгоды от применения BIM-технологий

Для начала отметим краткосрочные преимущества BIM. Как уже было сказано, процесс реализации проекта становится более «прозрачным» и управляемым, следовательно, заказчик в этом заинтересован. Также становится проще выявить коллизии еще на этапе проектирования, когда вся информация закладывается в одну модель и ошибки «всплывают на поверхность». В результате, проектировщику легче работать с проектом и увеличивается возможность качественно подготовить проектную документацию, а заказчик освобождается от затрат на устранение ошибок на этапе строительства. Уже вследствие этого, снижаются сроки реализации проекта, что в строительстве мостов очень ценно.

Долгосрочные преимущества применения BIM, вытекают из факта, что BIM-модель позволяет не просто оптимально спланировать очередность работ, но и грамотно перераспределить имеющиеся

ресурсы в случае необходимости для минимизации простоев техники. Моделирование различных стратегий эксплуатации объекта позволяет оптимизировать затраты на содержание объекта, увеличить прибыль. Как следствие, сокращается количество судебных споров, а удержание клиентов только крепнет.

5. Заключение

В ходе написания статьи, мы пришли к выводу, что использование BIM-моделирования при дорожно-мостовом строительстве позволяет существенно экономить время работающих специалистов и денежные средства, так как дает возможность спроектировать и заранее протестировать работоспособность всех инженерных решений и концепций ещё до начала процесса строительства. Информационная модель является ценнейшим источником полной информационной картины обо всех этапах строительства транспортной системы: от ключевой концепции до момента эксплуатации.

Можно выделить следующие преимущества внедрения BIM-технологий в область проектирования мостов:

- Сокращение сроков проектирования;
- Сокращение ошибок при проектировании, что особо важно для таких значимых объектов, как мосты;
- Повышение производительности работы благодаря простоте получения информации;
- Повышение согласованности строительной документации, сокращение количества проектных изменений;
- Точный расчет затрат на эксплуатацию и обслуживание объекта и сокращение расходов на реализацию проекта;
- Рост контроля над расходами, рост точности прогнозов;
- Доступность конкретной информации о производителях материалов, количественных характеристиках для оценки и проведения тендера;
- Выход на новые рынки.

После определения «плюсов», следует задуматься о последовательности внедрения BIM-проектирования в область мостостроения. В результате изучения большого количества литературы и примеров применения BIM в различных отраслях строительства, был составлен план мероприятий поэтапного внедрения технологий информационного моделирования объектов в мостовое проектирование:

1. Постановка целей (для чего мне нужен компании BIM?);
2. Структурирование BIM под нужды предприятия (создание моделей, 3D координация, проверка проектных решений, производство чертежей, производство спецификаций);
3. Анализ работы предприятия;
4. Описание, анализ и реинжиниринг бизнес процессов;
5. Построение технологического решения (определение выполняемых процессов, применяемых технологий/программ, подбор персонала и его обучение);
6. Введение стандартов предприятия (описание технологии проектирования, создание BIM стандартов и шаблонов проектных стандартов);
7. Запуск цикла BIM-проектирования;
8. По итогам проекта собираем обратную связь, вносим коррективы в процессы и технику.

Литература

- [1] Биктимиров К. Что такое BIM, и с чем его едят [Электронный ресурс]. URL: <https://kilonewton.ru/blog/21> (дата обращения: 10.09.2016).
- [2] Криницкий Е.В. Информационная модель здания // АВОК: вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2010. № 1. С. 62-65.
- [3] Лоевская Г.Г. Building information model // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2013. №3. С. 2126-2130.
- [4] Черных М.А., Якушев Н.М. BIM-технология и программные продукты на его основе в России // Вестник ИЖГТУ Им. М.Т. Калашникова. 2014. № 1(61). С. 119-121.
- [5] Гинзбург А.В. BIM-технологии на протяжении жизненного цикла строительного объекта // Информационные ресурсы России. 2016. № 5(153). С. 28-31.

- [6] Stephen A.J., Harvey M.B. (2012). BIM adoption and value. Design and Construction Intelligence. 2012. No. 3. pp. 8-41.
- [7] Autodesk. Что такое BIM-технологии (Building Information Modeling) в современной интерпретации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.autodesk.ru/campaigns/aec-building-design-bds-new-seats/landing-page> (дата обращения: 12.09.2016).
- [8] Autodesk. Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/metro/img/bim_brochure.pdf (дата обращения: 12.09.2016).
- [9] Деменев А.В., Артамонов А.С. Информационное моделирование при эксплуатации зданий и сооружений // Интернет-журнал «Науковедение». 2015. Том 7, №3. С. 21-29.
- [10] Куприяновский В.П. BIM – основы и преимущества применения технологии // ArcReview. 2015. № 2(73). С. 5-10.
- [11] Смола Л. BIM: Ближайшие перспективы в России // SportBuild. 2015. № 6/7. С. 32-37.
- [12] Батишев В. Из практики информационного моделирования // SportBuild. 2015. № 6/7. С. 22-27.
- [13] Полуэктов В.В. BIM-технологии в проектировании градостроительных и архитектурных объектов // Научный журнал «Инженерные системы и сооружения». 2014. № 4(17). С. 91-97.
- [14] Казусь А.И. Опыт использования BIM-технологий при проектировании 12-14-этажного двухсекционного жилого дома в Казани // Жилищное строительство. 2015. № 5. С. 56-61.
- [15] Талапов В. Технология BIM и ее применение к памятникам архитектуры // Информационный бюллетень ассоциации история и компьютер. 2014. № 42. С.161-162.
- [16] Талапов В. Технология BIM: расходы на внедрение и доходы от использования [Электронный ресурс]. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16748 (дата обращения: 14.10.2016).
- [17] Изъюрова Л. В четырех измерениях // Транспорт России. 2015. № 24 (883). С. 5.
- [18] Решетняк С.П., Васильев С.Е. Опыт использования BIM-технологий в практике ООО «СПБ-Гипрошахт» // Горный информационно-аналитический бюллетень (Научно-технический журнал). 2015. №56. С. 327-335.
- [19] Упенников Д.К. Применение BIM-технологий в проектировании // Строительство и архитектура. 2015. С. 64.
- [20] Красковский Д. Внедрение BIM-технологий - минимизация цены при улучшении качества и снижении временных рамок // САПР и графика. 2015. №11 (229). С. 28-30.
- [21] Ражева Д.П. Экономическая эффективность реализации BIM-технологий в отечественной практике проектирования и строительства // Экономика и предпринимательство. 2016. №12-1(77-1). С. 523-526.
- [22] Полуэктов В.В. Российский опыт применения BIM в архитектуре и градостроительстве // Современные технологии и методики в архитектурно-художественном образовании. 2016. С. 179-181.
- [23] Красковский Д.Г. Опыт использования технологии BIM для проектирования дорог // САПР и графика. 2015. № 3(221). С. 40-43.
- [24] Припутин Н.А., Леонова А.Н. Применение BIM-технологии в строительстве // Молодежь и новые информационные технологии. 2016. С. 301-304.
- [25] Зуева О.А. Инновационное проектирование в жилищном строительстве // Современные проблемы экономического и социального развития. 2015. № 11. С. 69-72.
- [26] Анисимов Е.П., Буторина М.В., Тюрина Н.В., Куклин Д.А. Применение технологий информационного моделирования (BIM) при разработке шумозащитных мероприятий для автодорог // БСТ: бюллетень строительной техники. 2016. № 6(982). С. 18-21.
- [27] Черняев В.В. Реконструкция промышленного объекта по технологии BIM // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ Им. В.Г. Шухова. 2016. С.1000-1003.
- [28] Румянцева Е.В., Манухина Л.А. BIM-технологии: подход к проектированию строительного объекта как единого целого // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 5(18). С. 33-36.
- [29] Красковский Д. Преимущества BIM-технологии в единстве источника информации об объекте // САПР и графика. 2015. № 12(230). С. 62-63.
- [30] Постнов К.В. Применение BIM-технологий в процессах управления проектными организациями // Научное обозрение. 2015. № 18. С. 367-371.

- [31] Panteleeva M.S., Unosheva A.V. BIM-technology and peculiarities of strategic management construction enterprise. Science, technology and higher education. 2016. pp. 52-56.
- [32] Юношева А.В. BIM-технология и особенности стратегического управления строительным предприятием // Труды ЭУИС МГСУ. Москва: Изд-во НИМГСУ, 2016. С. 50-53.
- [33] Aziz D., Nawawi A.H., Ariff R.M. ICT Evolution in Facilities Management (FM): Building Information Modelling (BIM) as the Latest Technology. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2016. No. 234. Pp. 363–371.
- [34] L.Y. Dinga, B.T. Zhonga, S. Wub, H.B. Luo. Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic web technology. 2016. No. 87. pp. 202–213.
- [35] JeeWoong Parka, Jingdao Chenb, Yong K. Choa. Self-corrective knowledge-based hybrid tracking system using BIM and multimodal sensors. Advanced Engineering Informatics. 2017. No. 32. pp. 126-138.
- [36] Zoua Y., Kiviniemib A., Jonesa S.W. A review of risk management through BIM and BIM-related technologies. Safety Science. 2016. No. 81. pp. 78-83.
- [37] Aziz D., Nawawi A.H., Ariff R.M. Building Information Modelling (BIM) in Facilities Management: Opportunities to be Considered by Facility Managers. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2016. No. 234. pp. 353-362.
- [38] Sigalov K., Konig M. Recognition of process patterns for BIM-based construction schedules. Advanced Engineering Informatics. 2017. No. 31. pp. 45-48.
- [39] Bradley H., Lark R., Dunn S. BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective. Automation in Construction. 2016. No. 71(2). pp. 139-152.
- [40] Wetzel E.M., Thabet W.Y. The use of a BIM-based framework to support safe facility management processes. Automation in Construction. 2015. No. 60. pp. 12-24.
- [41] Kang T.W., Hong C.H. A study on software architecture for effective BIM/GIS-based facility management data integration. Automation in Construction. 2015. No. 54. pp. 25-38.
- [42] Самсонов А.М. Исследование возможностей применения 4D BIM технологий как средства управления архитектурным проектом // Дипломная работа. 2013.
- [43] Пастухова М.В. Современные технологии информационного моделирования как инструмент управления территориальным планированием // Теория современного города: прошлое, настоящее, будущее. 2016. С. 183-185.
- [44] Кузнецова К.К., Гаряев П.Н. Применение 4D BIM-технологий для управления архитектурным проектом // Труды ЭУИС МГСУ. Москва: Изд-во НИМГСУ, 2016. С. 300-304.
- [45] Скворцов А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 16-23.
- [46] Сунцов А.С., Григорьев Е.Ю. Основные принципы BIM-технологий и проблемы их внедрения в России // Труды ДонНУЭТ им. Туган-Барановского. Донецк: Изд-во ДонНУЭТ им. Туган-Барановского, 2015. С.309-313.
- [47] Лушников А.С. Проблемы и преимущества внедрения BIM-технологий в строительных компаниях // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 6(53). С. 252-256.
- [48] Сусоев И.С. Плюсы и минусы внедрения BIM-технологий в строительстве // Вестник науки и образования. 2016. № 6(18). С. 116-117.
- [49] Чурбакова В.С., Соломатина А.В. Проблемы внедрения BIM-технологий с учетом формализации процессов и возраста организации // Труды ЭУИС МГСУ. Москва: Изд-во НИМГСУ, 2016. С. 343-347.
- [50] Ghaffarianhoseinia A., Tookeya J., Ghaffarianhoseinib A., Naismitha N., Azhard S., Efimovaa O., Raahemifarb K. Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. No. 51. pp. 532-536.
- [51] Chena K., Lua W., Pengb Y., Rowlinsona S., Huangc Q. Bridging BIM and building: From a literature review to an integrated conceptual framework. International Journal of Project Management. 2015. No. 33. Pp. 1405-1416.
- [52] Мустафин Н.Ш., Барышников А.А., Спрыжков А.М. Анализ возможности внедрения в строительство технологии информационного моделирования зданий программами вида BIM // Региональное развитие. 2015. № 8. С. 9.
- [53] Лушников А.С. Проблемы и преимущества внедрения BIM-технологий в строительных компаниях // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 6(53). С. 252-256.
- [54] Морозова А.С. Autodesk о дорожном проектировании: проблемы и решения // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 63-66.

- [55] Скворцов.А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4-12.
- [56] Полуэктов В.В., Азизова-Полуэктова А.Н. Информационное моделирование (BIM) для студентов института архитектуры и градостроительства // Архитектурные исследования. 2016. № 3(7). С. 46-50.
- [57] Ho S., Rajabifard A. Towards 3D-enabled urban land administration: Strategic lessons from the BIM initiative in Singapore. *Land Use Policy*. 2016. No. 57. pp. 1-10.
- [58] Atazadeh A., Kalantari M., Rajabifard A., Ho S. Modelling building ownership boundaries within BIM environment: A case study in Victoria, Australia. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2017. No. 61. pp. 24-38.
- [59] Lindblad H., Vass S. BIM Implementation and Organisational Change: A Case Study of a Large Swedish Public Client. *Procedia Economics and Finance*. 2015. No. 21. pp. 178-184.
- [60] Vanessa Q. A brief history of BIM [Электронный ресурс]. URL: <http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim> (дата обращения: 28.11.2016).
- [61] Abanda F.H., Byers L. An investigation of the impact of building orientation on energy consumption in a domestic building using emerging BIM (Building Information Modelling). *Energy*. 2016. No. 97. pp. 517-527.
- [62] Eleftheriadisa S., Mumovica D., Greeningb P. Life cycle energy efficiency in building structures: A review of current developments and future outlooks based on BIM capabilities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. No. 67. pp. 811-825.
- [63] Ilhan B., Yaman H. Green building assessment tool (GBAT) for integrated BIM-based design decisions. *Automation in Construction*. 2016. No. 70. pp. 26-37.
- [64] Guoa S., Weib T. Cost-effective energy saving measures based on BIM technology: Case study at National Taiwan University. *Energy and Buildings*. 2016. No. 127. pp. 433-441.
- [65] Meza S., Turk Z., Dolenc M. Component based engineering of a mobile BIM-based augmented reality system. *Automation in Construction*. 2014. No. 42. pp. 1-12.
- [66] Wang X. Analysis on complex structure stability under different bar angle with BIM technology. *Perspectives in Science*. 2016. No. 7. pp. 317-322.
- [67] Ahmad T., Thaheem M.J. Developing a residential building-related social sustainability assessment framework and its implications for BIM. *Sustainable Cities and Society*. 2017. No. 28. pp. 1-15.
- [68] Kumar S., Cheng J. A BIM-based automated site layout planning framework for congested construction sites. *Automation in Construction*. 2015. No. 59. pp. 24-37.
- [69] Ciribini A., Ventura S.M., Paneroni M. Implementation of an interoperable process to optimise design and construction phases of a residential building: A BIM Pilot Project. *Automation in Construction*. 2016. No. 71(1). pp. 62-73.
- [70] Kima M., Wangb Q., Parkb J., Chengc J., Sohnb H., Changc C. Automated dimensional quality assurance of full-scale precast concrete elements using laser scanning and BIM. *Automation in Construction*. 2016. No. 72(2). Pp. 102-114.
- [71] Jalaei F., Jade A.. Integrating building information modeling (BIM) and LEED system at the conceptual design stage of sustainable buildings. *Sustainable Cities and Society*. 2015. No. 18. Pp. 95-107.
- [72] Weia H., Zhenga S., Zhaoa L., Huangc R. BIM-based method calculation of auxiliary materials required in housing construction. *Automation in Construction*. 2017. No. 82. Pp. 29-35.
- [73] Costa G., Madrazo L. Connecting building component catalogues with BIM models using semantic technologies: an application for precast concrete components. *Automation in Construction*. 2015. No. 57. Pp. 239-248.
- [74] Wang G., Song J., The relation of perceived benefits and organizational supports to user satisfaction with building information model (BIM). *Computers in Human Behavior*. 2017. No. 68. Pp. 493-500.
- [75] Natha T., Attarzadeha M., Tionga R., Chidambaramb C., Yuc Z. Productivity improvement of precast shop drawings generation through BIM-based process re-engineering. *Automation in Construction*. 2015. No. 54. Pp. 54-68.
- [76] Zeibak-Shini R., Sacks R., Ma L., Filin S. Towards generation of as-damaged BIM models using laser-scanning and as-built BIM: First estimate of as-damaged locations of reinforced concrete frame members in masonry infill structures. *Advanced Engineering Informatics*. 2016. No. 30. pp. 312-326.
- [77] AD Editorial Team. 6 Ways BIM Can Make Your Architecture Firm More Competitive [Электронный ресурс]. URL: <http://www.archdaily.com/799864/6-ways-bim-can-make-your-architecture-firm-more-competitive> (дата обращения: 28.11.2016).

- [78] AD Editorial Team. 7 Reasons Why Transitioning to BIM Makes Sense for Small Firms [Электронный ресурс]. URL: <http://www.archdaily.com/782695/7-reasons-why-transitioning-to-bim-makes-sense-for-small-firms> (дата обращения: 28.11.2016).
- [79] AD Editorial Team. How Do You Know if BIM is Worth The Investment For Your Firm [Электронный ресурс]. URL: <http://www.archdaily.com/793443/how-do-you-know-if-bim-is-worth-the-investment-for-your-firm> (дата обращения: 28.11.2016).
- [80] Fabris P. New BIM guide for owners released [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bdcnetwork.com/new-bim-guide-owners-released> (дата обращения: 30.11.2016).
- [81] Gao G., Liu Y., Lina P., Wanga M., Gua M., Yonga J. BIMTag: Concept-based automatic semantic annotation of online BIM product resources. 2017. No. 31. pp. 48-61.
- [82] Скворцов А.В. Стандарты для обмена данными // Автомобильные дороги. 2015. № 2. С. 84-89.
- [83] Скворцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 12-21.
- [84] Гришина Н., Завтур А. Автоматизация дорожного строительства. Опыт компании КРОК в BIM технологиях // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2016. № 5-6. С. 26-29.
- [85] Скворцов А.В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 8-11.
- [86] Петренко Д.А., Субботин С.А. BIM-решения «Индорсофт» для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 100-107.
- [87] Скворцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 12-21.
- [88] Морозова А.С. Инновации в дорожном проектировании // Путь и путевое хозяйство. 2014. № 11. С. 37-40.
- [89] Мезенцева М.А., Ходов С.Ю. BIM-решения Autodesk для объектов инфраструктуры // Образование, наука, производство. 2015. С. 1072-1076.
- [90] Ботяновский А.А., Пастушков В.Г. Применение BIM-технологий и новейшего оборудования при исследовании фактического технического состояния мостового сооружения // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2015. № 1. С. 342-345.
- [91] Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 6-7.
- [92] Король М. Г. BIM: информационное моделирование – цифровой век строительной отрасли // Стройметалл. 2014. № 39. С. 26–30.
- [93] Полуэктов В.В. Технологии информационного моделирования (BIM) при архитектурном и градостроительном проектировании // Архитектурные исследования. 2016. № 1(5). С. 46-50.
- [94] Tulenheimo R. Challenges of Implementing New Technologies in the World of BIM – Case Study from Construction Engineering Industry in Finland. Procedia Economics and Finance. 2015. No. 21. Pp. 469-477.
- [95] Malekitabara H., Ardeshira A., Sebta M., Stouffsb R. Construction safety risk drivers: A BIM approach. Safety Science. 2016. No. 82. pp. 445-455.
- [96] Морозова А.С. Autodesk о дорожном проектировании: проблемы и решения // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 63-66.
- [97] Баранник С.В. Применимость BIM-технологий в дорожной отрасли // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 24-28.
- [98] Ботяновский А.А., Пастушков В.Г. Применение BIM-технологий и новейшего оборудования при исследовании фактического технического состояния мостового сооружения // Труды ПНИПУ. № 1 (Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: материалы конференции). Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015. С. 342-345.
- [99] Янич Д., Пирчер М., Пирчер Г. Структурный анализ моста через реку Сутонг Янцзы // Мостовое проектирование. 2013. № 3. С. 131-137.
- [100] Казначеева О. Лучшие инфраструктурные проекты 2014 года, выполненные с использованием ПО Bentley // CADmaster. 2015. № 1(80). С. 33-39.

BIM-technology in bridge design

E.A. Morina ^{1*}, A.I. Makarov ²

¹⁻² Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

ARTICLE INFO

review

doi: 10.18720/CUBS.57.3

Article history

Received 13.11.2016

Keywords

BIM-technology;
design of bridge;
information modelling;
software;
innovation;
civil engineering;
buildings;
construction;

ABSTRACT

Currently, construction projects are taking on an increasing scale. The spectrum of constructive and architectural forms of bridges is becoming wider, newest building technologies and materials are being mastered. Controlling and managing large-scale technological processes is impossible without using of computer technologies. As a result, BIM-technologies (Building Information Modeling) are widely used in construction field. The main purpose of this article is to research the innovative BIM-technology in the bridge design industry, as well as to disclose the problem of implementing BIM-technologies in bridge design. The article shows the possibility of collecting and systematizing all the data about the object, and managing of this information efficiently thanks to BIM technology. The example of the construction of the bridge over the Yangtze River revealed that the project implementation time is reduced by half, and maintenance of the finished object is much easier and more convenient also because of BIM application. Under of the set goal, such tasks as identifying the advantages and disadvantages of using BIM technologies in bridge design, as well as studying the factors that influence the transition to the use of these technologies in design organizations are solved. To achieve the goal, articles that fully revealed the capability of BIM-design, and articles reflecting the level of BIM-technologies prevalence in civil construction and certainly in bridge construction were explored.

Contact information:

1* +7(911)8360769, lenusik_ya_ne@mail.ru (Elena Morina, Student)
2 +7(911)8375750, almak17@yandex.ru (Alexey Makarov, Student)

References

- [1] Biktimirov K. What is BIM, and what does it eat [Chto takoye BIM, i s chem yego yedyat]? [Electronic resource]. URL: <https://kilonewton.ru/blog/21> (reference date: 10.09.2016). (rus)
- [2] Krinitskiy Ye.V. Building Information Model [Informatsionnaya model zdaniya]. ABOK: ventilation, heating, air conditioning, heat supply and construction thermal physics. 2010. No. 1. pp. 62-65. (rus)
- [3] Loyevskaya G.G. Building information model. Scientific and methodical electronic magazine "Concept". 2013. No. 3. pp. 2126-2130. (rus)
- [4] Chernykh M.A., Yakushev N.M. BIM-technology and software based on it in Russia [BIM-tekhnologiya i programmnyye produkty na yego osnove v Rossii]. Bulletin of Kalashnikov ISTU. 2014. No. 1(61). pp. 119-121. (rus)
- [5] Ginzburg A.V. BIM-technologies during the life cycle of the building object [BIM-tekhnologii na protyazhenii zhiznennogo tsikla stroitel'nogo obyekt]. Information resources of Russia. 2016. No. 5(153). pp. 28-31. (rus)
- [6] Stephen A.J., Harvey M.B. BIM adoption and value. Design and Construction Intelligence. 2012. No. 3. pp. 8-41.
- [7] Autodesk. What is BIM-technology (Building Information Modeling) in modern interpretation [Chto takoye BIM-tekhnologii (Building Information Modeling) v sovremennoy interpretatsii] [Electronic resource]. URL: <http://www.autodesk.ru/campaigns/aec-building-design-bds-new-seats/landing-page> (reference date: 12.09.2016). (rus)
- [8] Autodesk. Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства [Informatsionnoye modelirovaniye obyektov promyshlennogo i grazhdanskogo stroitelstva]. System requirements: AdobeAcrobatReader. URL: http://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/metro/img/bim_brochure.pdf (reference date: 12.09.2016). (rus)
- [9] Demenev A.V., Artamonov A.S. Information modeling in the operation of buildings and structures [Informatsionnoye modelirovaniye pri ekspluatatsii zdaniy i sooruzheniy. Internet-journal "Naukovedenie"]. 2015. Tom 7, No. 3. pp. 21-29. (rus)
- [10] Kupriyanovskiy V.P. BIM - the basics and advantages of applying technology [BIM – osnovy i preimushchestva primeneniya tekhnologii]. ArcReview. 2015. No. 2(73). pp. 5-10. (rus)
- [11] Smola L. BIM: Nearest prospects in Russia [BIM: Blizhayshiye perspektivy v Rossii. SportBuild]. 2015. No. 6/7. pp. 32-37. (rus)
- [12] Batishev V. From the practice of information modeling [Iz praktiki informatsionnogo modelirovaniya]. SportBuild. 2015. No. 6/7. pp. 22-27. (rus)
- [13] Poluektov V.V. BIM-technologies in the design of town-planning and architectural objects [BIM-tekhnologii v proyektirovanii gradostroitelnykh i arkhitekturnykh obyektov]. Scientific journal "Engineering systems and structures". 2014. No. 4(17). pp. 91-97. (rus)
- [14] Kazus A.I. Experience of using BIM-technologies in designing a 12-14-storey two-section residential building in Kazan [Opyt ispolzovaniya BIM-tekhnologiy pri proyektirovanii 12-14-etazhnogo dvukhseksionnogo zhilogo doma v Kazani]. Housing construction. 2015. No. 5. pp. 56-61. (rus)
- [15] Talapov V. BIM technology and its application to architectural monuments [Tekhnologiya BIM i yeye primeneniye k pamyatnikam arkhitektury]. Association History and Computer Information Bulletin. 2014. No. 42. pp. 161-162. (rus)
- [16] Talapov V. BIM technology: implementation costs and revenues from use [Tekhnologiya BIM: raskhody na vnedreniye i dokhody ot ispolzovaniya] [Electronic resource]. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16748 (reference date: 14.10.2016). (rus)
- [17] Izyurova L. In four dimensions [V chetyrekh izmereniyakh]. Transport of Russia. 2015. No. 24 (883). pp. 5. (rus)
- [18] Reshetnyak S.P., Vasilyev S.Ye. Experience of using BIM-technologies in the practice of OOO SPB-Giproshakht [Opyt ispolzovaniya BIM-tekhnologiy v praktike OOO «SPB-Giproshakht]. Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal). 2015. No. 56. pp. 327-335. (rus)
- [19] Upennikov D.K. Application of BIM-technologies in design [Primeneniye BIM-tekhnologiy v proyektirovanii]. Construction and architecture. 2015. pp. 64. (rus)
- [20] Kraskovskiy D. The introduction of BIM-technologies - the minimization of price with the improvement of quality and the reduction of the time frame [Vnedreniye BIM-tekhnologiy - minimizatsiya tseny pri uluchshenii kachestva i snizhenii vremennykh ramok]. CAD and Graphics. 2015. No. 11 (229). pp. 28-30. (rus)

- [21] Razheva D.P. Economic efficiency of the implementation of BIM-technologies in the domestic practice of design and construction [Ekonomicheskaya effektivnost realizatsii BIM-tekhnologiy v otechestvennoy praktike proyektirovaniya i stroitelstva]. Economics and Entrepreneurship. 2016. No. 12-1(77-1). pp. 523-526. (rus)
- [22] Poluektov V.V. Russian experience of applying BIM in architecture and urban planning [Rossiyskiy opyt primeneniya BIM v arkhitekture i gradostroitelstve]. Modern technologies and techniques in architectural and art education. 2016. pp. 179-181. (rus)
- [23] Kraskovskiy D.G. Experience in using BIM technology for road design [Opyt ispolzovaniya tekhnologii BIM dlya proyektirovaniya dorog]. CAD and Graphics. 2015. No. 3(221). pp. 40-43. (rus)
- [24] Priputin N.A., Leonova A.N. Application of BIM-technology in construction [Primeneniye BIM-tekhnologii v stroitelstve]. Youth and new information technologies. 2016. pp. 301-304. (rus)
- [25] Zuyeva O.A. Innovative design in residential construction [Innovatsionnoye proyektirovaniye v zhilishchnom stroitelstve]. Modern problems of economic and social development. 2015. No. 11. pp. 69-72. (rus)
- [26] Anisimov Ye.P., Butorina M.V., Tyurina N.V., Kuklin D.A. Application of Information Modeling Technologies (BIM) in the development of noise protection measures for highways [Primeneniye tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya (BIM) pri razrabotke shumozashchitnykh meropriyatiy dlya avtodorog]. BCE: bulletin of construction equipment. 2016. No. 6(982). pp. 18-21. (rus)
- [27] Chernyayev V.V. Reconstruction of an industrial facility using BIM technology [Rekonstruktsiya promyshlennogo obyektu po tekhnologii BIM]. International scientific and technical conference of young scientists BSTU. V.G. Shukhov. 2016. pp. 1000-1003. (rus)
- [28] Rumyantseva Ye.V., Manukhina L.A. BIM-technologies: approach to designing a building object as a whole [BIM-tekhnologii: podkhod k proyektirovaniyu stroitel'nogo obyektu kak yedinogo tselogo]. Modern science: current problems and ways to solve them. 2015. No. 5(18). pp. 33-36. (rus)
- [29] Kraskovskiy D. Advantages of BIM-technology in the unity of the source of information about the object [Preimushchestva BIM-tekhnologii v yedinstve istochnika informatsii ob obyekte]. CAD and Graphics. 2015. No. 12(230). pp. 62-63. (rus)
- [30] Postnov K.V. Application of BIM-technologies in the processes of management of project organizations [Primeneniye BIM-tekhnologiy v protsessakh upravleniya projektnymi organizatsiyami]. Scientific Review. 2015. No. 18. pp. 367-371. (rus)
- [31] Panteleeva M.S., Unosheva A.V. BIM-technology and peculiarities of strategic management construction enterprise. Science, technology and higher education. 2016. pp. 52-56.
- [32] Yunosheva A.V. BIM-technology and features of strategic management of a construction company [BIM-tekhnologiya i osobennosti strategicheskogo upravleniya stroitel'nym predpriyatiyem]. Proceedings of the MGSU. Moscow: Publishing house of the MGSU. 2016. pp. 50-53. (rus)
- [33] Aziz D., Nawawi A.H., Ariff R.M. ICT Evolution in Facilities Management (FM): Building Information Modelling (BIM) as the Latest Technology. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2016. No. 234. pp. 363-371.
- [34] L.Y. Dinga, B.T. Zhonga, S. Wub, H.B. Luo. Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic web technology. 2016. No. 87. pp. 202-213.
- [35] JeeWoong Parka, Jingdao Chenb, Yong K. Choa. Self-corrective knowledge-based hybrid tracking system using BIM and multimodal sensors. Advanced Engineering Informatics. 2017. No. 32. pp. 126-138.
- [36] Zoua Y., Kiviniemib A., Jonesa S.W. A review of risk management through BIM and BIM-related technologies. Safety Science. 2016. No. 81. pp. 78-83.
- [37] Aziz D., Nawawi A.H., Ariff R.M. Building Information Modelling (BIM) in Facilities Management: Opportunities to be Considered by Facility Managers. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2016. No. 234. pp. 353-362.
- [38] Sigalov K., Konig M. Recognition of process patterns for BIM-based construction schedules. Advanced Engineering Informatics. 2017. No. 31. pp. 45-48.
- [39] Bradley H., Lark R., Dunn S. BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective. Automation in Construction. 2016. No. 71(2). pp. 139-152.
- [40] Wetzal E.M., Thabet W.Y. The use of a BIM-based framework to support safe facility management processes. Automation in Construction. 2015. No. 60. pp. 12-24.
- [41] Kang T.W., Hong C.H. A study on software architecture for effective BIM/GIS-based facility management data integration. Automation in Construction. 2015. No. 54. pp. 25-38.
- [42] Postnov K.V. Application of BIM-technologies in the processes of management of project organizations [Primeneniye BIM-tekhnologiy v protsessakh upravleniya projektnymi organizatsiyami]. Scientific Review. 2015. No. 18. pp. 367-371. (rus)

- [43] Pastukhova M.V. Modern information modeling technologies as a tool for managing spatial planning [Sovremennyye tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya kak instrument upravleniya territorialnym planirovaniyem]. The theory of the modern city: the past, the present, the future. 2016. pp. 183-185. (rus)
- [44] Kuznetsova K.K., Garyayev P.N. Application of 4D BIM-technologies for architectural project management [Primeneniye 4D BIM-tekhnologiy dlya upravleniya arkhitekturnym proyektom]. Proceedings of the MGSU. Moscow: Publishing house of the MGSU. 2016. pp. 300-304. (rus)
- [45] Skvortsov A.V. BIM Infrastructure Models for Infrastructure [Modeli dannykh BIM dlya infrastruktury]. CAD and GIS for roads. 2015. No. 1(4). pp. 16-23. (rus)
- [46] Suntsov A.S., Grigoryev Ye.Yu. Basic principles of BIM-technologies and problems of their implementation in Russia [Osnovnyye printsiipy BIM-tekhnologiy i problemy ikh vnedreniya v Rossii]. Proceedings Tugan-Baranovsky DonNUET. Donetsk: Publishing House Tugan-Baranovsky DonNUET. 2015. pp. 309-313. (rus)
- [47] Lushnikov A.S. Problems and advantages of implementing BIM-technologies in construction companies [Problemy i preimushchestva vnedreniya BIM-tekhnologiy v stroitelnykh kompaniyakh]. Herald of civil engineers. 2015. No. 6(53). pp. 252-256. (rus)
- [48] Susoyev I.S. Pros and cons of implementing BIM-technologies in construction [Plyusy i minusy vnedreniya BIM-tekhnologiy v stroitelstve]. Bulletin of Science and Education. 2016. No. 6(18). pp. 116-117. (rus)
- [49] Churbakova V.S., Solomatina A.V. The problems of implementing BIM-technologies taking into account the formalization of processes and the age of the organization [Problemy vnedreniya BIM-tekhnologiy s uchetom formalizatsii protsessov i vozrasta organizatsii]. Proceedings of the MGSU. Moscow: Publishing house of the MGSU. 2016. pp. 343-347. (rus)
- [50] Ghaffarianhoseinia A., Tookeya J., Ghaffarianhoseinib A., Naismitha N., Azhard S., Efimovaa O., Raahemifarb K. Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. No. 51. pp. 532-536.
- [51] Chena K., Lua W., Pengb Y., Rowlinsona S., Huangc Q. Bridging BIM and building: From a literature review to an integrated conceptual framework. International Journal of Project Management. 2015. No. 33. pp. 1405-1416.
- [52] Mustafin N.Sh., Baryshnikov A.A., Spryzhkov A.M. Analysis of the possibility of introducing into the construction of information modeling technology of buildings programs of the BIM type [Analiz vozmozhnosti vnedreniya v stroitelstvo tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya zdaniy programmami vida BIM]. Regional development. 2015. No. 8. pp. 9. (rus)
- [53] Lushnikov A.S. Problems and advantages of implementing BIM-technologies in construction companies [Problemy i preimushchestva vnedreniya BIM-tekhnologiy v stroitelnykh kompaniyakh]. Herald of Civil Engineers. 2015. No. 6(53). pp. 252-256. (rus)
- [54] Morozova A.S. Autodesk on road design: problems and solutions [Autodesk o dorozhnom proyektirovanii: problemy i resheniya]. CAD and GIS for roads. 2014. No. 2(3). pp. 63-66. (rus)
- [55] Skvortsov.A.V. Difficulties of transition from computer-aided design to information modeling of roads [Trudnosti perekhoda ot avtomatizirovannogo proyektirovaniya k informatsionnomu modelirovaniyu dorog]. CAD and GIS for roads. 2015. No. 2(5). pp. 4-12. (rus)
- [56] Poluektov V.V., Azizova-Poluektova A.N. Information Modeling (BIM) for students of the Institute of Architecture and Urban Planning [Informatsionnoye modelirovaniye (BIM) dlya studentov instituta arkhitektury i gradostroitelstva]. Architectural studies. 2016. No. 3(7). pp. 46-50. (rus)
- [57] Ho S., Rajabifard A. Towards 3D-enabled urban land administration: Strategic lessons from the BIM initiative in Singapore. Land Use Policy. 2016. No. 57. pp. 1-10.
- [58] Ciribini A., Ventura S.M., Paneroni M. Implementation of an interoperable process to optimise design and construction phases of a residential building: A BIM Pilot Project. Automation in Construction. 2016. No. 71(1). pp. 62-73.
- [59] Kima M., Wangb Q., Parkb J., Chengc J., Sohnb H., Changc C. Automated dimensional quality assurance of full-scale precast concrete elements using laser scanning and BIM. Automation in Construction. 2016. No. 72(2). pp. 102-114.
- [60] Abanda F.H., Byers L. An investigation of the impact of building orientation on energy consumption in a domestic building using emerging BIM (Building Information Modelling). Energy. 2016. No. 97. pp. 517-527.
- [61] Jalaei F., Jrade A.. Integrating building information modeling (BIM) and LEED system at the conceptual design stage of sustainable buildings. Sustainable Cities and Society. 2015. No. 18. pp. 95-107.
- [62] Kumar S., Cheng J. A BIM-based automated site layout planning framework for congested construction sites. Automation in Construction. 2015. No. 59. pp. 24-37.

- [63] Atazadeh A., Kalantari M., Rajabifard A., Ho S. Modelling building ownership boundaries within BIM environment: A case study in Victoria, Australia. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2017. No. 61. pp. 24-38.
- [64] Lindblad H., Vass S. BIM Implementation and Organisational Change: A Case Study of a Large Swedish Public Client. *Procedia Economics and Finance*. 2015. No. 21. pp. 178-184.
- [65] Meza S., Turk Z., Dolenc M. Component based engineering of a mobile BIM-based augmented reality system. *Automation in Construction*. 2014. No. 42. pp. 1-12.
- [66] Vanessa Q. A brief history of BIM [Electronic resource]. URL: <http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim> (reference date: 28.11.2016).
- [67] AD Editorial Team. 6 Ways BIM Can Make Your Architecture Firm More Competitive [Electronic resource]. URL: <http://www.archdaily.com/799864/6-ways-bim-can-make-your-architecture-firm-more-competitive> (reference date: 28.11.2016).
- [68] AD Editorial Team. 7 Reasons Why Transitioning to BIM Makes Sense for Small Firms [Electronic resource]. URL: <http://www.archdaily.com/782695/7-reasons-why-transitioning-to-bim-makes-sense-for-small-firms> (reference date: 28.11.2016).
- [69] AD Editorial Team. How Do You Know if BIM is Worth The Investment For Your Firm [Electronic resource]. URL: <http://www.archdaily.com/793443/how-do-you-know-if-bim-is-worth-the-investment-for-your-firm> (reference date: 28.11.2016).
- [70] Fabris P. New BIM guide for owners released [Electronic resource]. URL: <https://www.bdcnetwork.com/new-bim-guide-owners-released> (reference date: 30.11.2016).
- [71] Wang X. Analysis on complex structure stability under different bar angle with BIM technology. *Perspectives in Science*. 2016. No. 7. pp. 317-322.
- [72] Weia H., Zhenga S., Zhaoa L., Huangc R. BIM-based method calculation of auxiliary materials required in housing construction. *Automation in Construction*. 2017. No. 82. pp. 29-35.
- [73] Gaoa G., Liua Y., Lina P., Wanga M., Gua M., Yonga J. BIMTag: Concept-based automatic semantic annotation of online BIM product resources. 2017. No. 31. pp. 48-61.
- [74] Ahmad T., Thaheem M.J. Developing a residential building-related social sustainability assessment framework and its implications for BIM. *Sustainable Cities and Society*. 2017. No. 28. pp. 1-15.
- [75] Costa G., Madrazo L. Connecting building component catalogues with BIM models using semantic technologies: an application for precast concrete components. *Automation in Construction*. 2015. No. 57. pp. 239-248.
- [76] Wang G., Song J., The relation of perceived benefits and organizational supports to user satisfaction with building information model (BIM). *Computers in Human Behavior*. 2017. No. 68. pp. 493-500.
- [77] Eleftheriadisa S., Mumovica D., Greeningb P. Life cycle energy efficiency in building structures: A review of current developments and future outlooks based on BIM capabilities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. No. 67. pp. 811-825.
- [78] Ilhan B., Yaman H. Green building assessment tool (GBAT) for integrated BIM-based design decisions. *Automation in Construction*. 2016. No. 70. pp. 26-37.
- [79] Guoa S., Weib T. Cost-effective energy saving measures based on BIM technology: Case study at National Taiwan University. *Energy and Buildings*. 2016. No. 127. pp. 433-441.
- [80] Natha T., Attarzadeha M., Tionga R., Chidambaramb C., Yuc Z. Productivity improvement of precast shop drawings generation through BIM-based process re-engineering. *Automation in Construction*. 2015. No. 54. pp. 54-68.
- [81] Zeibak-Shini R., Sacks R., Ma L., Filin S. Towards generation of as-damaged BIM models using laser-scanning and as-built BIM: First estimate of as-damaged locations of reinforced concrete frame members in masonry infill structures. *Advanced Engineering Informatics*. 2016. No. 30. pp. 312-326.
- [82] Skvortsov A.V. Standards for data exchange [Standarty dlya obmena dannymi]. *Car roads*. 2015. No. 2. pp. 84-89. (rus)
- [83] Skvortsov A.V. BIM Highways: Assessing the Maturity of Technology [BIM avtomobilnykh dorog: otsenka zrelosti tekhnologii]. *SAP CAD and GIS for roads*. 2014. No. 2(3). pp. 12-21. (rus)
- [84] Grishina N., Zavtur A. Automation of road construction. CROC's experience in BIM technologies [Avtomatizatsiya dorozhnogo stroitelstva. Opyt kompanii KROK v BIM tekhnologiyakh]. *Building materials, equipment, technologies of the XXI century* Construction materials, equipment, technologies of the XXI century. 2016. No. 5-6. pp. 26-29. (rus)
- [85] Mezentseva M.A., Khodov S.Yu. Autodesk BIM solutions for infrastructure objects [BIM-resheniya Autodesk dlya obyektov infrastruktury]. *Education, science, production*. 2015. pp. 1072-1076. (rus)

- [86] Skvortsov A.V. BIM for the road industry: is it something new or are we already doing it [BIM dlya dorozhnoy otrasli: chto-to novoye ili my etim uzhe zanimayemsiya]? CAD and GIS for roads. 2014. No. 1(2). pp. 8-11. (rus)
- [87] Petrenko D.A., Subbotin S.A. BIM-solutions "Indorsoft" for the design and operation of highways [BIM-resheniya «Indorsoft» dlya proyektirovaniya i ekspluatatsii avtomobilnykh dorog]. CAD and GIS for roads. 2015. No. 2(5). pp. 100-107. (rus)
- [88] Skvortsov A.V. BIM Highways: Assessing the Maturity of Technology [BIM avtomobilnykh dorog: otsenka zrelosti tekhnologii]. CAD and GIS for roads. 2014. No. 2(3). pp. 12-21. (rus)
- [89] Morozova A.S. Innovations in road design [Innovatsii v dorozhnom proyektirovanii]. Way and track economy. 2014. No. 11. pp. 37-40. (rus)
- [90] Botyanovskiy A.A., Pastushkov V.G. Application of BIM-technologies and the latest equipment in the study of the actual technical condition of the bridge structure [Primeneniye BIM-tekhnologiy i noveyshego oborudovaniya pri issledovanii fakticheskogo tekhnicheskogo sostoyaniya mostovogo sooruzheniya]. Modernization and research in the transport complex. 2015. No. 1. pp. 342-345. (rus)
- [91] Korol M. G. BIM: information modeling - the digital age of the construction industry [BIM: informatsionnoye modelirovaniye – tsifrovoy vek stroitelnoy otrasli]. Stroymetal. 2014. No. 39. pp. 26–30. (rus)
- [92] Poluektov V.V. Information modeling technologies (BIM) for architectural and urban planning [Tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya (BIM) pri arkhitekturnom i gradostroitelnom proyektirovanii]. Architectural studies. 2016. No. 1(5). pp. 46-50. (rus)
- [93] Boykov V.N. IT-technologies in supporting the life cycle of roads [IT-tekhnologii v podderzhke zhiznennogo tsikla dorog]. CAD and GIS for roads. 2014. No. 1(2). S. 6-7. (rus)
- [94] Tulenheimo R. Challenges of Implementing New Technologies in the World of BIM – Case Study from Construction Engineering Industry in Finland. Procedia Economics and Finance. 2015. No. 21. pp. 469-477.
- [95] Malekitabara H., Ardeshira A., Sebta M., Stouffsb R. Construction safety risk drivers: A BIM approach. Safety Science. 2016. No. 82. pp. 445-455.
- [96] Morozova A.S. Autodesk on road design: problems and solutions [Autodesk o dorozhnom proyektirovanii: problemy i resheniya]. CAD and GIS for roads. 2014. No. 2(3). pp. 63-66. (rus)
- [97] Barannik S.V. Applicability of BIM-technologies in the road sector [Primenimost BIM-tekhnologiy v dorozhnoy otrasli]. CAD and GIS for roads. 2015. No. 1(4). pp. 24-28. (rus)
- [98] Botyanovskiy A.A., Pastushkov V.G. Application of BIM-technologies and the latest equipment in the study of the actual technical condition of the bridge structure [Primeneniye BIM-tekhnologiy i noveyshego oborudovaniya pri issledovanii fakticheskogo tekhnicheskogo sostoyaniya mostovogo sooruzheniya]. Proceedings of PNRPU. № 1 (Modernization and research in the transport sector: conference materials). Perm: Publishing house of PANRP. 2015. pp. 342-345. (rus)
- [99] Yanich D., Pircher M., Pircher G. Structural analysis of the bridge over the Sutong Yangtze River [Strukturnyy analiz mosta cherez reku Sutong Yantszy]. Bridge design. 2013. No. 3. pp. 131-137. (rus)
- [100] Kaznacheyeva O. The best infrastructure projects of 2014, made using Bentley software [Luchshiyeye infrastruktturnyye projekty 2014 goda, vypolnennyye s ispolzovaniyem PO Bentley]. CADmaster. 2015. No. 1(80). pp. 33-39. (rus)

Морина Е.А., Макаров А.И. BIM-технологии в мостовом проектировании, Строительство уникальных зданий и сооружений, 2017, №6 (57). С. 30-46.

Morina E.A., Makarov A.I. BIM-technology in bridge design. Construction of Unique Buildings and Structures. 2017. 6(57). Pp. 30-46. (rus)