

Bim technology in the educational process.

Alexandra Yakshina^{1,1}, Galina Vasilovskaya², Maria Berseneva³, Elena Danilovich⁴, Oksana Hoffman⁵

^{1,4,5}Senior Lecturer, Siberian Federal University, 660041, Krasnoyarsk, Svobodny Pr., 79, Russian Federation

²Candidate of Technical Sciences, Siberian Federal University, 660041, Krasnoyarsk, Svobodny Pr., 79, Russian Federation

³Candidate of Biological Sciences, Siberian Federal University, 660041, Krasnoyarsk, Svobodny Pr., 79, Russian Federation

Abstract

In this article we discuss about the main trends by using BIM-technologies in construction in the Russian Federation, possibilities of applying them in construction quality management and in staff training. We outline the necessity to improve the system of preparation and implementation of BIM-technologies in the new civil engineers educational process within the strategic development of the construction industry because it's very important for the further development of construction, architecture and other engineering areas. Here we analyze the possibilities of using BIM-technology in education programs for students of various specialties in the absence of real skills to create drawings on the example of the University of Architecture and Civil Engineering.

Keywords

BIM technologies; building Information modeling; problems of implementation; construction; training of building engineers

Introduction

В Российской Федерации во II квартале 2021 г. для госорганов и госкорпорация будет внедрена законодательная обязанность самостоятельно осуществлять проектирование зданий и сооружений, а также закупать соответствующие работы и услуги по созданию объектов строительства только на основе BIM-технологий. До конца 2022 г. все госструктуры будут осуществлять строительство зданий и сооружений с применением технологий цифрового моделирования. Таким образом, переход строительных организаций на BIM неизбежен, и для будущих инженеров-строителей получение навыков и умений в этой области является насущной необходимостью [1,2,3,4].

Информационное моделирование объектов строительства впервые было сформировано во второй половине прошлого века для создания общего пространства проектирования в режиме реального времени и сокращения временных затрат на проектирование. Со временем технология BIM эволюционировала и сегодня цифровое моделирование используется на всем жизненном цикле реализации проекта.

BIM — Building Information Modeling (информационное моделирование здания). Данная технология основывается на сборе и обработке всесторонней информации о возводимом объекте - архитектурных, технологических, экономических, экологических, эксплуатационных и других характеристик. На основе данной информации создается 3D-модель будущего здания [5,6,7].

Экономическая целесообразность каждого этапа жизненного цикла является обязательным показателем состоятельности инвестиционно-строительного проекта. Технологии информационного моделирования позволяют произвести оценку эффективности самого продолжительного и важного этапа - эксплуатации [8,9].

На сегодняшний день для строительных вузов актуальным является вопрос подготовки кадров с BIM - мышлением при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов.

Описание уровня детализации BIM-модели для каждого этапа работы над проектом позволит воспринимать строительный объект как единое целое. Изменение одного из его параметров неизбежно повлечет автоматическое изменение остальных связанных с ним параметров и объектов [10].

Methods

BIM – это информационная платформа, на которую можно наложить дополнительные технологии и возможности с привязкой к проектируемому сооружению. Целью предложенной методики на основе BIM-технологии является унификация подхода к процессу автоматизации инвестиционно-строительных проектов (ИСП) и определение единого структурного подхода к использованию технологии трехмерного моделирования в процессе формирования комплексной 3D модели и плановой модели СМР для обучения и практического применения. BIM создан в том числе для того, чтобы проектные институты вместе с заказчиками на начальном этапе проектирования могли проработать любое количество вариантов и выбрать из них оптимальный. И вместе с тем построить объект по адекватной стоимости, с четко обоснованной проектной документацией [11,12,13,14,15,16].

Проект, выполненный в BIM, представляет собой интерактивную 3D-модель, которая без особых сложностей объединяет архитектурную, конструктивную, технологическую, сметную части проекта с вопросами инженерии, транспортной инфраструктуры, логистики и т.п. BIM затрагивает не только строительство, но и все, что имеет к нему отношение, рассматривая весь комплекс вопросов. Технология BIM позволяет выявить нестыковки между разделами и подразделами проекта еще на начальном этапе работ и благополучно снять их. Благодаря чему и строительство, и дальнейшая эксплуатация объекта также значительно упрощаются. Таким образом, строители приступают к возведению объекта, имея на руках проект,

исключающий мелкие производственные коллизии, которые часто затрудняют процесс строительства [17,18,19,20,21].

Широкое внедрение BIM-технологий обуславливает потребность в подготовке специалистов по использованию BIM-технологий, владеющих современными информационными и коммуникационными технологиями. Приоритетной задачей строительных вузов на данном этапе является внедрение образовательных программ по подготовке и повышению квалификации специалистов по BIM-технологий.

Для подготовки специалистов нового типа, владеющих BIM технологиями совместной работы, создан международный проект «Всемирная инициатива CDIO» (Conceive-Design-Implement-Operate) основной принцип которого подготовка инженеров к глубокому пониманию, проектированию, реализации и управлению комплексными инженерными проектами в условиях командной работы. В настоящее время проект реализуется в более чем 100 инженерных вузах 25 стран мира.

Технологии информационного моделирования объектов промышленного и гражданского строительства включают в себя 3 цикла (table 1)

Таблица 2 Циклы технологии информационного моделирования объектов строительства

Разработка (Design)	Строительство (Build)	Управление (Operate)
<ul style="list-style-type: none"> - концептуальное проектирование, - детальное проектирование, - анализ и расчеты, - документация. 	<ul style="list-style-type: none"> - подготовка, - строительство, - логистика. 	<ul style="list-style-type: none"> - эксплуатация - утилизация

Подготовка бакалавров к коллективной работе является необходимым условием для эффективной работы над общими информационными моделями, при этом реализация работы основывается на осуществлении основных этапов и возможна независимо от местоположения каждого из них. (figure 1)

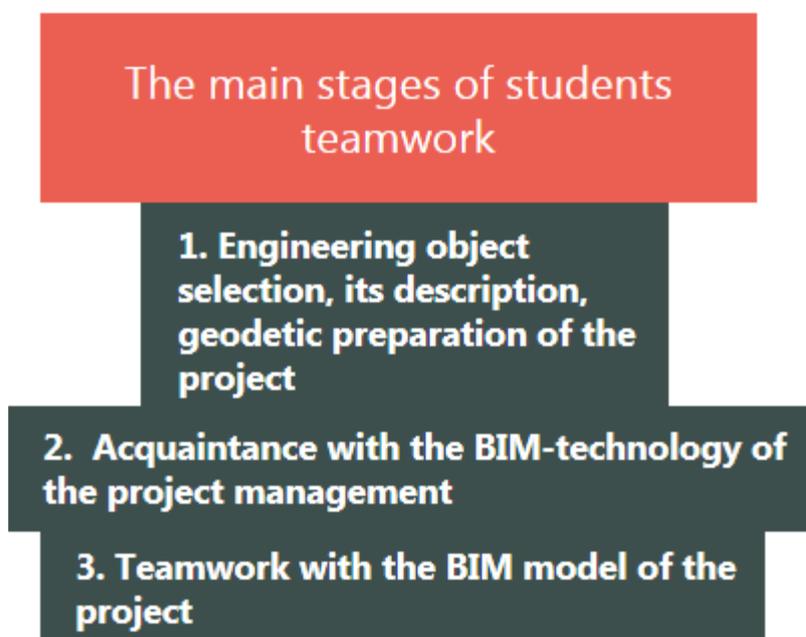


Fig.1. The main stages of students teamwork.

Данная методика позволяет студентам приобрести навыки проектирования с использованием технологии информационного моделирования, содержащую информацию используемую в дальнейшем при конструктивных расчетах, оценке энергоэффективности, определении технико-экономических показателей, формировании смет, спецификаций и т. д.

В рамках концепции CDIO разработано 12 стандартов, являющиеся основой для реформирования и оценки качества образовательных программ (table 2)

Table 2. CDIO standards groups

1 – концепция инженерных программ;
2, 3, 4 – требования к формированию учебного плана;
5, 6 – требования к образовательной среде;

7, 8 – методы обучения;
9, 10 – квалификация преподавателей;
11, 12 – методы оценки результатов обучения.

Данными стандартами также прописаны требования к организации рабочего пространства и материально-технического обеспечения аудиторий для подготовки обучающихся инженерной деятельности.

Зоны рабочего пространства аудиторий:

- зона для обсуждения идеи проекта и разработки технического задания в команде со всеми возможными и доступными инфоресурсами;
- зона проектирования - позволяющая разработать проект, провести необходимые расчеты, оснащенная компьютерным оборудованием и программным обеспечением для BIM моделирования;
- зона реализации проекта – позволяет организовать создание прототипа проектируемого объекта, например, с помощью 3D-принтера;
- зона опытной эксплуатации, предназначенной для проведения испытания 3D-модели, оценки эксплуатационных характеристик объекта и сравнения с расчетными показателями.

Выпускники, прошедшие обучение по данной образовательной программе в дальнейшем смогут выполнять несколько видов профессиональной деятельности:

- инженерные услуги на этапе предпроектных работ;
- проектный и технологический инжиниринг;
- программно-техническое и информационное сопровождение, разработка графиков строительных процессов с высокой степенью детализации;
- управление жизненными циклами зданий, построение и применение информационных моделей объектов и процессов;
- организационное управление проектами;
- производство электротехнических и монтажных работ на объекте строительства.

В настоящем стало возможным проводить обсуждения внутри самих расчетных моделей, где участники выступают под своими «аватарами», не находясь в одном помещении для обсуждения вопросов проектирования с совершенно новых точек зрения, переходя от двумерных изображений к современной виртуальной среде.

Объединение информации по проекту в режиме реального времени значительно сокращает риски проекта за счет минимизации времени между различными этапами принятия решения, а также между получением и использованием информации. При большом количестве участников проекта, имеющих доступ к проектной информации, сотрудничество в режиме реального времени снижает вероятность использования сторонами неактуальных сведений. Немаловажно и то, что такой подход позволяет избежать значительной части рисков, во-первых, за счет своевременного предоставления необходимой информации и, во-вторых, благодаря более оперативному процессу внесения новых сведений и пересмотра проектных решений.

Results

Скорость подготовки людей к цифровым технологиям начинает запаздывать и во всем мире, и в России. Будущие инженеры-строители столкнутся с рядом проблем, возможные пути решения некоторых из них можно выявлять еще на стадии обучения.

Распространенная и весьма серьезная ошибка – несоответствие проекта требованиям технических регламентов в вопросах обеспечения безопасности. Допустим, не представлено расчетное обоснование принятых в проекте конструктивных решений или отсутствует подтверждение сохранности сооружений и инженерных коммуникаций, попадающих в зону строительства. Проектирование систем противопожарной защиты также часто выполняется с отступлением от требований технических регламентов и норм пожарной безопасности. Это грубейшие ошибки – эксплуатация объекта, построенного по такой документации, будет просто небезопасна.

Сложность преподавания без использования современных компьютерных технологий очевидна: макетов на каждую конкретную задачу нет, как нет и иллюстраций, позволяющих рассмотреть и оценить решение со всех сторон. Вычерчивание же решения задачи на доске – не наглядно, а воспроизведение обучаемым с помощью чертежных инструментов на бумаге в режиме ограниченного времени и недостаточной подготовки – порой катастрофически бесполезно. Современный студент, выбравший специальность инженер-строитель или архитектор, порой не всегда понимает специфику данных профессий. Многие из них не обучались в школе черчению, а, следовательно, не имеют даже элементарных навыков выполнения чертежей.

Студентам необходимо, в соответствии с современными требованиями проектирования, давать возможность создания единого многомерного пространства.

В настоящее время BIM применяется в строительстве негосударственного жилья и в частном секторе. Некоторые отраслевые компании запускают свои отраслевые стандарты, таким образом, проблема применения BIM-технологий решается локально – внутри отрасли. Но в целом в строительной отрасли в стране все гораздо сложнее. Прежде всего, тормозят развитие BIM в России высокие затраты, требующиеся при внедрении новой технологии. Они выражаются не только в финансовых затратах на покупку нового программного обеспечения,

обновления персональных компьютеров, но и в необходимости обучить сотрудников, адаптировать все рабочие процессы и весь коллектив компании под новые требования и новые бизнес-процессы.

К сожалению, отечественный программный продукт пока не может конкурировать с западными технологиями. Для российских компаний часто проблемой является то, что изначально BIM – иностранная технология, а значит, им требуется адаптация стандартов под российские нормы.

Зачастую современные темпы строительства обгоняют темпы проектирования, и актуализация проектных решений идет на грани самих строительных работ. Это приводит к тому, что невозможно нормально работать с моделями, и приходится возвращаться к старым аналитическим методам, где возрастает вероятность ошибки.

Фотограмметрия может использоваться для объектов демонтажа и строительства. Однако процесс данного метода для моделирования бессистемных процессов или строительства объектов по захваткам может быть довольно трудозатратным. Для решения этого вопроса самым оптимальным вариантом являются поэтапные съемки, то есть выход в поле и выполнение среза, например, за две недели, или за месяц – для сверки фактического состояния с моделью, что несколько затруднено в существующих рамках обучения.

Ход СМР, отставание или опережение графика, соотношение этапов строительства с затратами – эта информация является самой важной для принятия точных и своевременных управленческих решений.

Информационная модель с графиком становится отличным инструментом управления этапом выполнения строительно-монтажных работ. Такая информационная модель служит помощником в планировании работ для всех исполнителей. Поскольку BIM-технология – это процесс накопления информации, то возможность, которую она дает – это система контроля качества. Технология позволяет накапливать информацию в модели об объекте недвижимости не только в части проектной документации, но также в части исполнительной. Четкая координация поставленных задач, быстрое и точное определение объемов работ, координация с поставщиками оборудования при заказе материалов и др. мониторинг техники безопасности и охраны труда. При этом возможность влиять на стоимость проекта снижается по мере возведения здания.

Одной из обязанностей инженера (специалиста) по охране труда, которые связаны с ремонтными или строительными работами является согласование ПОС (проекта организации строительства), ППР (проекта производства работ), ППРк (проекта производства работ кранами), ТК (технологических карт). Такие обязанности являются не только частью работы инженера по охране труда, но и частью системной организации строительного производства. Комплексную оценку охраны труда в строительной организации, позволяют осуществить современные информационные технологии, объединяющие в себе комплекс нормативной документации по безопасности труда на строительной площадке, с BIM-моделью проверяемого участка.

В основе данного подхода оценки уровня техники безопасности и охраны труда в строительных организациях с применением BIM-технологии лежит предупреждение несчастных случаев на проверяемом объекте, снижение травматизма и уровня профессиональных заболеваний.

К основным этапам оценки состояния охраны труда и техники безопасности на строительном объекте относятся:

- выявление опасных факторов с определением их количественных и качественных характеристик;
- анализ опасных и вредных производственных факторов, действующих на персонал строительного объекта относительно вида выполняемых работ;
- оценка риска проявления выявленных опасных и вредных факторов на производственный персонал строительного объекта;
- классификация риска на основе действующих нормативных документов;
- определение значений приемлемого (допустимого) риска, действующего на персонал строительного объекта.

Использование моделирования BIM в обучении может быть особенно полезно для уже возведенных зданий, где может быть особенно сложно что-то понять из планов, поскольку они часто состоят из нескольких структур и расширений.

При использовании BIM и богатых данных модели как инструмента для поддержки обзора дизайна и анализа безопасности процесса, нарушения могут автоматически идентифицироваться путем применения предопределенных правил на основе категоризации компонентов для идентификации области потенциального риска.

Строительство можно провести дважды; один раз в виртуальной среде, где могут быть допущены ошибки и различные варианты решений, со сравнением уже проведенного в реальной среде, где используется 4D BIM, который включает в себя время в качестве параметра, существующие риски и прогресс, завершающийся до настоящего времени, может оцениваться для разных этапов жизненного цикла проекта. Опыт показывает, что преимущества BIM на этапе планирования включают:

- Проектные решения могут быть сконфигурированы и оценены, не подвергая риску обучаемых.
- Можно сравнить преимущества, риски и затраты различных решений.
- Обучаемые могут лучше понять проект и его требования и могут планировать будущее более эффективно.
- 3D-визуализация позволяет выявлять проблемы на ранней стадии проекта.
- Столкновения могут быть устранены или смягчены быстро, что снижает риск на месте.

- Модель облегчает совместную работу и ускоряет темпы принятия решений.
- Будущие инженеры-строители могут получить более полное представление о проекте и предполагаемой последовательности работ.
- Обучаемые могут внести вклад в улучшение плана проекта и снизить риск.
- Жизнеспособность оборудования, сооружений и инфраструктуры может быть проверена без совершения работ.
- Построенные или установочные последовательности могут быть смоделированы и оценены с точки зрения жизнеспособности.
- Можно определить потенциальные проблемы и принять меры для их устранения или смягчения.
- Объекты BIM могут использоваться при планировании безопасности и логистики на месте.

Согласно статистическим данным, численность иностранных граждан из стран СНГ, осуществляющих свою деятельность на территории РФ, составляет более 76%, при этом, у 18% имеется разрешение на работы и 41% из них представлены в возрастной группе 18-29 лет. Строительная отрасль занимает 4 место или 8,4% по численности занятых трудовых ресурсов после торговли, обрабатывающей промышленности и сфере услуг, в которую из стран СНГ привлекается до 20% трудовых ресурсов. При этом производственный травматизм показывает, что за 2015 год произошло 217 смертельных случаев при строительстве зданий и сооружений. Согласно данным фонда социального страхования строительство является вторым видом экономической деятельности (после обрабатывающей промышленности) по травматичности. При расследовании несчастных случаев зачастую отмечаются недостатки в обучении или незнание работниками требований охраны труда, отсутствие любой технологической документации. Все это создает не только риск увеличения сроков и стоимости строительства, но и самому главному – человеческой жизни.

BIM-технология выступает своего рода информационной платформой, на которую возможно накладывать новые программные продукты, например, проведение оценки риска по безопасности.

Discussion

В настоящее время мировая строительная отрасль проходит через процесс трансформации, связанный с отказом от традиционных методов проектирования и строительства в пользу инновационных способов реализации проектов.

Примеры реализации инвестиционно-строительных проектов различной сложности по всему миру показали высокую эффективность комплексного применения технологии информационного моделирования. Отмечено сокращение сроков проектирования и строительства, сокращение бюджета проекта, более точная оценка стоимости строительства, эффективное взаимодействие и обмен информацией между всеми участниками проекта. Это привело к повышению экономической эффективности деятельности компании, применяющие BIM-технологии.

Высокий уровень внедрения в строительную отрасль BIM-технологий отмечен в США, ряде развитых стран Европы и Азии объясняется поддержкой государства

В настоящее время в России внедрение BIM-технологий находится на начальном этапе. Необходимость и потребность в скорейшем освоении BIM-технологий признана на государственном уровне.

В декабре 2014 г. Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ утвержден план поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства.

В 2015 году были отобраны «пилотные» проекты, проектирование которых осуществлялось с применением BIM – технологий.

В 2016 году внесены изменения в нормативно-правовые и нормативно-технические акты и образовательные стандарты, разработаны новые стандарты сводов и правил для обеспечения поддержки применимости проектов, реализованных с помощью BIM-технологий.

С 2017 года предусмотрено финансирование из бюджетов РФ различных уровней для отдельных категорий (видов) заказов на проектные работы и строительного подряда, выполненные с применением BIM – технологий.

На сегодняшний день все инновационные российские предприятия, активно внедряют BIM-технологии, применение которых позволили создать такие значимые объекты как высотное здание ММДЦ «Москва-Сити», вторую сцену Мариинского театра в Санкт-Петербурге, Олимпийский стадион «Фишт», ледовые дворцы «Большой», «Айсберг», крытый конькобежный центр «Адлер-арена» в г. Сочи и многие другие. (Добавить рисунки)

Задачей строительных ВУЗов России является подготовка специалистов различного профиля по использованию технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства. Ведется подготовка бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство» с учетом требований рынка строительной индустрии к будущим инженерно-техническим кадрам.

В рамках изучения дисциплин «Инженерная графика», «Компьютерная графика в проектировании» студенты, выполняют плоскостные архитектурно-строительные чертежи в соответствии с действующими стандартами.

При изучении дисциплин «Архитектура гражданских и промышленных зданий и сооружений», «Информационные технологии в строительстве» студенты получают навыки работы в Autodesk Revit

Architecture, позволяющие выполнять проектирование от создания концептуальной модели здания до выпуска рабочей документации архитектурно-строительной части проекта.

Conclusions

Следует отметить важность BIM - технологий для дальнейшего развития строительства, архитектуры и других инженерных направлений. При подготовке кадров можно сделать следующие выводы:

- возможность использования BIM - технологий на всех этапах жизненного цикла проекта: проектировании, строительстве и эксплуатации объекта, дает возможность студенту рассмотреть объект детально на каждом этапе;

- так же BIM - технологии позволяют увидеть объект комплексно;

- воспитывает умение работать в коллективе, при этом знать результат принятых частных решений;

- информационная модель позволяет значительно расширить спектр изучаемых объектов.

Следствие этих умений дает возможности прогнозировать и оценивать энергоэффективные показатели, проводить и анализировать технико-экономические расчеты, формировать отчетные документы на более современном уровне.

Возможности выпускников данного направления могут не ограничиваться одним видом профессиональной деятельности. Обладает способностью объединить в одну логическую цепочку архитектурные, конструктивные и технологические решения, сметные части проекта с вопросами инженерии, транспортной инфраструктуры, логистики и ЖКХ. Увидеть на этапе проектирования необоснованные проектные решения, нестыковки между разделами и выявить причинно-следственную связь.

Отсутствие территориальных рамок, дает возможность получения информации из любой точки планеты.

Своевременная актуализация проектных решений повышает не только качество образования, но и профессиональные качества специалиста на выходе.

Возможность моделирования форс-мажорных ситуаций позволяет минимизировать риски и повысить технику безопасности в отрасли.

Благодаря технологическому прогрессу и распространению технологии информационного моделирования зданий (BIM) появляются новые возможности для совершенствования процессов обучения. Из-за сложного взаимодействия между традиционными программами обучения и программными комплексами BIM многие преимущества BIM технологии, остаются невостребованными. Неоспоримые преимущества использование данных, хранящихся в информационной модели, их интеграция с данными уже реализованных проектов, использование современного программного обеспечения позволит сократить время и повысить качество образования в подготовки кадров для строительного производства.

References

1. Using BIM Structured Information to Protect Health and Safety of Workers in Construction Alenkov V.V., Kupriyanovskiy V.P., Shaklein A.G., Ovsyannikov M.L., Chebotarev E.M., Yartsev D.I., Kolesnikov A.N. International Journal of Open Information Technologies. 2018. Vol. 6. No. 5. P. 39-50.
2. Autodesk revit - highly qualified civil engineers Zolotova J., Vatin N., Tuchkevich E., Rechinsky A., Tuchkevich V. Applied Mechanics and Materials. 2015. T. 725-726. Pp. 1617-1625.
3. Methodology for assessing safety achievement factors at a construction site based on information modeling Sharmanov V.V. Academic bulletin UralNIIproekt RAACS. 2017. № 3 (34). Pp. 72-79.
4. Features BIM. Experience of using BIM in Russia Zhakhina UA, Epifantseva L.R. In the collection: New Technologies for the Oil and Gas Region. Materials of the International Scientific and Practical Conference. Executive editor P.V. Evtin. 2018. pp. 175-177.
5. BIM, new interaction standards open Pastukhova Ya.Z. Scientific Review. 2015. No. 13. S. 155-158.
6. BIM technologies, BIM technologies, without which construction cannot live! Korolev A.V. Construction: new technologies - new equipment. 2016. No. 1. P. 20-22.
7. Pre-construction stage based on bim Li M., Yu H., Liu P. Automation in Construction. 2018. T. 91. p. 284-292.
8. Russian experience of using BIM in architecture and urban planning Poluektov V.V. In the collection: Modern technologies and techniques in the architectural and artistic education materials of the international scientific methodical conference. 2016. pp. 179-181.
9. Implementation of building information modeling (BIM) Ganiev A.A. In the book: Science in Progress theses of the All-Russian scientific-practical conference of undergraduates and graduate students. 2016. pp. 55-56.
10. The main stages of the introduction of information modeling technology (BIM) in construction organizations Solovyova E.V., Selvian M.A. Scientific works of the Kuban State Technological University. 2016. No. 11. P. 110-119.
11. BIM in off-site manufacturing for buildings Abanda F.H., Tah J.H.M., Cheung F.K.T. Journal of Building Engineering. 2017. V. 14. S. 89-102. Engineering and Construction Journal. 2017. No. 1 (69). Pp. 77-88.
12. Lean construction and BIM: complementing each other for better project management Eroshkin S. Y., Kallaur G. Y., Papikian L. M. // Review of business and economics studies. 2016. No. 4. P. 17-22.
13. The use of BIM-technologies in the tasks of quality control and labor protection Cherkina V.M., Evich A.A. In the collection: Integration, partnership and innovations in construction science and education, a collection of

- materials of an international scientific conference. FSBEI of HE "National Research Moscow State University of Civil Engineering". 2017. p. 382-385.
14. BIM-modeling in construction and architecture Materials of the All-Russian scientific-practical conference / 2018.
 15. A review of BIM capabilities for quantity surveying practice Ismail N.A.A., Drogemuller R., Owen R., Beazley S. In the collection: MATEC Web of Conferences 2016. p. 00042.
 16. BIM-technology in tasks of the designing complex systems of alternative energy supply Volkov A.A., Sukneva L.V. Procedia Engineering 2014. T. 91. C. 377-380.
 17. The International Paradigm of Life-Saving Railway Life Cycle Standardization // International Journal of Open Information Technologies. Kupriyanovsky V. et al. international journal of open information technologies -T. 5. No. 2. 2017-C. 64-84.
 18. Non-destructive approach for the generation and thermal character of as-built BIM Lagüela S., Díaz-Vilariño L., Armesto J., Arias P. Construction and Building Materials. 2014. T. 51. p. 55-61
 19. BIM in the assessment of labor protection Sharmanov V.V., Simankina T.L., Mamaev A.E. Engineering and Construction Journal. 2017. No. 1 (69). Pp. 77-88.
 20. Non-destructive approach for the generation and thermal character of as-built BIM Lagüela S., Díaz-Vilariño L., Armesto J., Arias P. Construction and Building Materials. 2014. T. 51. p. 55-61.
 21. Features of BIM implementation using autodesk software Vysotskiy A., Makarov S., Zolotova Ju., Tuchkevich E. Procedia Engineering. 2015. T. 117. S. 1143-1152.