

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Институт «Архитектурно-строительный»  
Кафедра «Градостроительство, инженерные сети и системы»

ВКР МАГИСТРА  
ПРОВЕРЕНА

Рецензент

Дмитрий Сергеевич

Артемьев

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

Д.В. Ульрих

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Использование BIM-технологий при проектировании систем  
водоснабжения и водоотведения индивидуального жилого дома

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ МАГИСТРА  
ЮУрГУ–08.04.01.2021.305-04.038 ПЗ ВКР

Руководитель ВКР  
магистра

С. Е. Денисов

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Автор ВКР

магистр группы АС-227

С.В. Проворова

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Нормоконтролер

Е.В. Николаенко

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Челябинск  
2021

## РЕФЕРАТ

Проворова С.В. Выпускная квалификационная работа «Использование BIM-технологий при проектировании систем водоснабжения и водоотведения индивидуального жилого дома» – Челябинск: ЮУрГУ, Архитектурно-строительный институт, 2021. – 99 с.– 11 листов ф.А1 – библиограф. 30 назв.

В выпускной квалификационной работе разработана информационная система водоснабжения и водоотведения индивидуального жилого дома.

Выполнен анализ показателей расчетных расходов воды, получившихся в результате ручного расчета и автоматического расчета с помощью программного комплекса Revit. Работа состоит из графической части, презентации и пояснительной записки.

Освоен вопрос актуальности применения BIM технологий в системах водоснабжения и водоотведения.

Чертежи раздела ВиК выполнены в программном комплексе Revit.

Графическая часть содержит 8 листов формата А1 и 3 лист формата А2, в том числе: планы первого и типового этажей, узлы, 3D виды, схемы, 3D компоновка котельной и теплового пункта.

Цель работы – показать эффективность и необходимость использования BIM-технологий при проектировании систем водоснабжения и водоотведения на примере ИЖС.

В первом разделе рассмотрено становление и развитие технологий информационного моделирования.

Во втором разделе представлена разработка информационной модели сетей ВиК.

Третий раздел посвящен расчету расхода водопотребления.

В четвертом разделе повествуется о BIM технологии в архитектурной, инженерной и строительной отрасли в программе образовательных учреждений.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
Глава 1 Историческая оценка становления и развития технологий информационного моделирования .....	13
1.1 Целесообразность изучаемого вопроса .....	13
1.2 Building Information Modeling как ведущая система автоматизированного проектирования .....	13
1.3 Первые шаги в развитии BIM-технологий.....	14
1.4 Российский опыт в вопросах информационного моделирования...23	
Глава 2 Разработка информационной модели сетей водоснабжения и водоотведения индивидуального жилого дома.....	32
2.1 Информационная модель как неотъемлемый элемент современного проектирования.....	32
2.2 Дальнейшее применение проектной информационной модели ....	38
Глава 3 Проект дома с использованием BIM-технологии и сравнение его с традиционным способом.....	42
3.1 Гидравлического расчет сетей внутреннего водопровода.....	43
3.2 Сравнение параметров систем водоснабжения индивидуального жилого дома разработанных традиционным и с использованием BIM-технологий способами.....	55
Глава 4 BIM технологии в архитектурной, инженерной и строительной отрасли в программе образовательных учреждений .....	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	95
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	96

## ВВЕДЕНИЕ

На протяжении истории человечества промышленность претерпевает непрерывное развитие со сменой темпов и основных принципов характера улучшения в зависимости от стратегического направления конкретного периода жизни общества. В XXI веке области промышленности развиваются активными темпами преимущественно благодаря информационным технологиям. Так, в области строительства данный прогресс воплощается в процессе активного внедрения информационного моделирования — Building Information Modeling (далее — BIM).

В настоящее время скорость изменения технологий очень велика и на смену 2D-проектированию (CAD) пришла новая эра под названием BIM-проектирование. Это принципиально новый подход в проектировании систем коммуникаций, в том числе систем водоснабжения и водоотведения, заключающийся в создании информационной модели объекта, несущего в себе все сведения о нем.

BIM – информационное моделирование объекта. Данным понятием обозначают комплекс мероприятий и работ по управлению жизненным циклом объекта, начиная от проекта и заканчивая его демонтажем. В традиционном проектировании работают с планами, чертежами, технической документацией, что представляют собой двухмерную модель объекта строительства. Технологии BIM базируются на виртуальной трехмерной модели, обладающей реальными физическими свойствами, к которым также присоединяются добавочные измерения: время, планы и стоимость, позволяющие рассчитать и определить параметры процессов строительства еще до начала строительных работ на объекте. Все данные, заложенные в информационную модель объекта, связаны между собой и взаимозависимы, благодаря чему происходит непрерывные сбор и обработка данных об архитектурно-планировочных, конструктивных, технологических, экономических, эксплуатационных характеристиках объекта, объединенных в едином информационном поле (BIM-модели). Управление данными модели помогает сократить сроки реализации проекта, упростить эксплуатацию возведенного объекта и продлит срок его службы.

3D-модель позволяет создавать большое количество вариаций проекта за короткие сроки, что экономит не только временные, но и денежные ресурсы. Также возможность быстрого частичного изменения или дополнения проекта без значительных временных затрат на внесения изменений и перерасчетов каждого раздела вручную позволяют облегчить работу с заказчиком. Расчеты, производимые автоматически, помогают снизить вероятность воздействия человеческого фактора и избежать ошибок в расчетах.

В Российской Федерации Отрасль BIM-проектирования признана на федеральном уровне. На заседании президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России №2 в 2014 году Дмитрием Медведевым были приняты решения:

- о подготовке стратегии инновационного развития строительной отрасли;
- разработке плана внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства;
- подготовке нормативно-правовых актов, предусматривающих обязательные требования в области проектирования и строительства.

В современных реалиях повсеместное внедрение BIM- технологий является вопросом времени, 2 марта 2017 года свет увидел первый из четырех запланированных сводов правил, посвященных информационному моделированию. В СП 301.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами» приводятся общие принципиальные особенности использования этой современной технологии в структуре производственно-технических отделов, описываются основные требования к модели, которые будут оказывать непосредственное влияние на процедуру приемки заказчиком или органами экспертизы. Обширное введение элементов информационного моделирования в общий механизм строительных работ позволит повсеместно принимать

целесообразные решения на всех этапах жизненного цикла объекта – от первичных инвестиционных проектов до эксплуатации и сноса, что, несомненно, является очередным аргументом, доказывающим рентабельность технологии BIM, а также свидетельствующим о ее о широком будущем влиянии на современную строительную отрасль.

Вышеизложенное поясняет актуальность выбранной темы – «Использование BIM-технологий при проектировании систем водоснабжения и водоотведения индивидуального жилого дома»

### **Цель и задачи магистерской диссертации**

Цель научно-исследовательской работы в том, чтобы показать эффективность и необходимость использования BIM-технологий при проектировании систем водоснабжения и водоотведения на примере ИЖС.

Данная технология экономит средства на всех стадиях жизненного цикла объекта, а наибольшую эффективность приносит при комплексном подходе в работе с объектом, инженерными коммуникациями в частности, поскольку, чем правильнее информационная модель создана изначально, тем больше она дает пользы при ее использовании, уменьшает количество ошибок при строительстве или эксплуатации и значительно экономит время проектирования.

Четко определенная цель позволяет выявить основные задачи, направленные на ее реализацию:

- Анализ результатов ручного расчета и программного расчета расчетных расходов воды;
- Разработка информационной модели объекта;
- Проектирование систем ВиК в ПК Revit.

**Объектом данной работы является** информационная модель индивидуального жилого дома площадью 1440 м<sup>2</sup>.

**Предмет исследования** – применяемость информационной модели для оптимизации процессов проектирования и строительства.

### **Актуальность работы и ее новизна**

С 2019 года применение BIM-технологии станет обязательным для проектов госзаказа, а до конца 2022 года все госструктуры при строительстве зданий и сооружений должны перейти на BIM.

Водоснабжение и водоотведение — это неотъемлемая часть любого жилого объекта строительства. Требования к качеству, в частности этих объектов постоянно растут и необходимо повысить эффективность проектирования сводя к минимуму ошибки и коллизии. Тем самым, совокупность свойств(качество) конечного продукта возрастет и производительность проектировщиков станет выше (возрастет).

### **Обнаружение пересечений элементов в модели**

Необходимо понимать разницу между физическими и интеллектуальными коллизиями. Если физические коллизии можно обнаружить посредством автоматической проверки модели, то интеллектуальные выявляются только в процессе ручной проверки самим специалистом. В качестве простого примера можно привести следующее. Допустим, что труба отопления протянута горизонтально вдоль стены коридора здания. Физически она не пересекает другие элементы здания и не конфликтует с ними. При этом, она может проходить вдоль двери, предназначенной для входа в помещение. Автоматическая проверка программы не выявит никаких ошибок, однако с логической точки зрения труба не должна мешать потоку входящих и выходящих людей, находиться перед дверью или крепиться к ней. Это называется интеллектуальная коллизия.

Проблема интеллектуальных коллизий в том, что они не видны невооруженным взглядом и могут быть скрыты практически по всему зданию. Это простейший пример, который легко обнаружить и исправить, однако на деле такие

ошибки могут привести к большим потерям денежных средств и существенно увеличить время работы подрядчика.

### **Методы проведения исследования**

Поставленные задачи были реализованы посредством применения теоретических, расчетных, эмпирических и обще логических методов исследования, таких как идеализация и формализация, метод восхождения от абстрактного к конкретному, исторический и логический методы, расчеты, опосредствованное наблюдение, качественное описание, анализ и синтез, а также моделирование.

**Результатом работы является:** Проект систем ВиК выполненный с помощью программы Revit.

# **Глава 1 Историческая оценка становления и развития технологий информационного моделирования**

## **1.1 Целесообразность изучаемого вопроса**

Несмотря на повышенное внимание, оказываемое технологии информационного моделирования в нашей стране в последние десять лет, нельзя не отметить, что в западных странах BIM активно изучается и развивается вот уже сорок лет.

Именно опыт предыдущих поколений позволяет выявить полноценную картину представления изучаемых аспектов технологии информационного моделирования зданий, так как многие затруднения, уже были отмечены и успешно исправлены. Следовательно, только принимая во внимание существующие накопленные знания, мы можем основательно судить о положении дел в вопросе функциональности BIM-технологий на данный момент времени.

## **1.2 Building Information Modeling как ведущая система автоматизированного проектирования**

В настоящее время, принимая во внимание логичный спад интереса к технологиям CAD (с английского Computer-Aided Design), можно наблюдать растущую популярность технологий информационного проектирования. Иначе говоря, CAD достигли предела своих мыслимых возможностей, осознанием этого явились новые задачи, которые встают перед инженерами-проектировщиками и требуют нестандартных, а порой и оригинальных методик реализации:

- реконструкция уже существующих объектов;
- проектирование в стесненных условиях городской застройки;
- критические, сжатые сроки выполнения проекта;
- расчет эксплуатационных характеристик на начальных стадиях, а именно уже на стадии проектирования.

Беря во внимание вышеперечисленные положения, можно сделать следующий вывод: камнем преткновения зачастую становится масштабная потеря информации. Конечно, в настоящее время целесообразность применения BIM-технологий на каждом из этапов жизненного цикла практически не поддается сомнению, но десять с лишним лет назад данная методика вызвала больше вопросов, чем оптимистичных настроений. Способность информационного проектирования создавать и поддерживать здоровую конкуренцию – это, несомненно, итог определенных действий, происходящих на протяжении долгого временного периода, именно эти действия сейчас привели BIM к роли наиболее перспективного САПР на мировой арене.

### **1.3 Этапы в развитии BIM-технологий**

#### *Начальные этапы*

Для изучения основных истоков технологии BIM необходимо обратиться к самым ранним представлениям о вычислительной технике.

Концептуальных основ системы BIM вернуться к самым ранним дням вычислительной техники. В 1962 году Дуглас Энгельбарт являет миру свое устрашающее, на тот момент, видение, которое можно также отнести к будущему строительной индустрии, в своей научной работе «Augmenting Human Intellect» (с англ. «Приумножение человеческого интеллекта»).

Энгельбарт предполагает объект, базирующийся в основном на дизайне его внешнего облика, параметрических зависимостях, а также на базе данных, которые неразрывно связаны с исследуемым объектом, так как в нужной мере позволяют описать его характерные особенности. Помимо Энгельбарта существует внушительный перечень исследователей, чье влияние также значительно, это и Герберт Саймон, и Николас Негропonte, и Ян Макхарг, и Кристофер Александер. Именно их труды повлияли на становление ранней школы объектно-ориентированного программирования, однако на тот момент времени задуманное так и не смогло быть реализовано

из-за недостаточного развития графических интерфейсов, через который и планировалось взаимодействовать с предложенной моделью здания [3].

### *Визуальные модели*

Имеющийся графический интерфейс SAGE и программный комплекс Sketchpad, разработанный Иваном Сазерлендом в 1963 году, положили начало проектированию зданий, основывающемся на вычислительных процессах геометрии. В 1970-е и 1980-е годы обозначились два основных способа отображения и записи информации о форме объекта: «constructive solid geometry» (CSG) и «boundary representation» (brep) (с англ. конструктивная стереометрия и конечное представление). Система CSG использует прежде всего примитивные формы, такие как полнотелые и полые объекты, тем самым позволяя комбинировать и совмещать формы, являя миру более сложные составные объекты. Развитие данной технологии особенно явно способствовало процветанию дизайнерской мысли в стандартных архитектурных формах, например, художественное оформление окон и дверей. Процесс проектирования требует всестороннего доступа к рабочей среде, именно здесь снова встает вопрос о соответствии потребностей и имеющихся технологических достижений того времени. Вопрос являлся настолько злободневным, что особенности первых шагов взаимодействия человека и компьютера (human-computer interaction - HCI) с архитектурной точки зрения можно наблюдать даже в книге Николаса де Моншо «Spacesuit: Fashioning Apollo», что, несомненно, кажется на первый взгляд удивительным. Первые редакции художественного труда де Моншо также включали в себя сведения о наработках в области CAD и BIM, однако были позднее удалены из книги, так как сведения об исследованиях были в незначительной степени связаны с космической гонкой, а также с разработками времен Холодной войны.

### *Создание базы данных. Проектирование зданий*

Первые шаги на пути к становлению информационного проектирования были сделаны еще в XX веке. В 60-е годы начали появляться

первые программы, перед которыми ставились, прежде всего, задачи моделирования объекта. Ни о какой информационной составляющей проекта пока не шло и речи. Через пару десятилетий программы устоялись и нашли свое место в проектной среде, следовательно, их деление на группы по определенным признакам стало закономерным. Отдельные элементы здания, созданные в новейшем на тот момент программном комплексе BDS (Building Description System) и являющиеся в своем роде структурными компонентами отдельного здания, — это огромный прорыв для САД. В BDS впервые появились те функции, которые и сейчас используются для создания современных моделей: программа позволяла добавлять информацию о материалах и их поставщиках, что, несомненно, упрощало производство строительных работ после проектирования. Если говорить об экономической целесообразности нововведений, то, по подсчетам создателя программы, ее применение снижало стоимость проектирования на 50 %. Однако до становления современного BIM еще должна быть проделана огромная работа, прежде всего, решена проблема организации совместной работы участников строительного производства. К примеру, BDS создавалось еще до распространения персональных компьютеров, следовательно, круг пользователей был не обширен. В 1980-е годы обширные разработки в этой области наблюдались в Англии. Программа RUCAPS, созданная в 1986 году, впервые включала в себя понятие о фазированности строительных процессов, что незамедлительно нашло свое отражение в возведении реальных объектов, одним из которых являлся третий терминал аэропорта Хитроу в Лондоне [4], его модель представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Визуальная модель терминала

Также одним из наиболее значимых событий в развитии BIM-индустрии является основание в 1988 году Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) Полом Тенхольцом, так как это событие способствовало сближению студентов и представителей промышленности для дальнейшего развития четырехмерного представления о проектировании зданий. Тем самым две основные тенденции в развитии технологии информационного моделирования начинают активно развиваться в течение следующих десятилетий: разработка специализированных инструментальных комплексов для повышения эффективности строительной отрасли, а также понимание первичных BIM-моделей как прототипов, которые, несомненно, должны подвергаться тщательному анализу и совершенствоваться на основании общепринятых критериев.

В 1993 году в Национальной Лаборатории Лоуренса Беркли была разработана программа Building Design Advisor, которая в свое время стала ярким примером моделирования, позволяющем получать не только численные данные и прочие прагматические сведения, но и использовать модель для принятия решения, т.е. «получать обратную связь». Программа использует объектную модель здания, производит графический анализ для предоставления информации о возможных вариациях исполнения проекта с учетом альтернативных внешних условий [5], геометрических решений, свойств используемых материалов и т.д. Building Design Advisor стал одним из первых проектных инструментов, включающих в себя функции оптимизации, таким образом принимаются решения, основанные на ряде критериев.

### *Виртуальное строительство*

Несмотря на кажущуюся однополярность ареалов развития BIM-технологий в мире (до этого речь исключительно об американских деятелях), советский мир смог противопоставить предыдущим разработкам двух гениев программирования, которые во многом и стали определять рынок информационного моделирования в том виде, в котором мы можем наблюдать его сейчас. Леонид Райз и Габор Бояр сейчас известны как

соучредитель и основатель ведущих платформ Revit и ArchiCAD. ArchiCAD был разработан в 1982 году в Будапеште на частном предприятии физика Габора Бояра. Первой версией ArchiCAD служило программное обеспечение Radar CH, которое базировалось на технологии описания системы здания (Building Description System), Radar CH увидел свет в 1984 году и был выпущен для операционной системы Apple Lisa Operating System. Позднее этот программный комплекс приобрел более привычное нашему уху название ArchiCAD и стал первым BIM-инструментом, размещаемом на персональном компьютере (ПК).

Однако новейшее на тот момент программное обеспечение не отличалось особенной производительностью, в связи с чем Бояр постоянно сталкивался с ограничениями программного обеспечения ПК. Это не могло не повлиять на отсутствие крупных проектов, выполняемых в ArchiCAD в первые годы его появления на рынке строительных технологий.

Леонид Райз и Ирвин Юнгрейз также стояли у истоков компаний, которые сейчас занимают лидирующие позиции на рынке архитектурно-строительных программных комплексов, их первым детищем была компания Charles River Software в Кембридже, штат Массачусетс [3].

Эти двое хотели создать свою версию программы, способной обрабатывать куда более сложные проекты, чем ArchiCAD. Их первым сотрудником стал Дэвид Конант, высококвалифицированный архитектор, который разработал первоначальный интерфейс программы, сохранившийся на протяжении девяти ее обновлений. К 2000 году компания завершила разработку своего программного комплекса, который известен нам и по сей день, а именно «Revit». Основная ставка была сделана прежде всего на повышение функциональности. В 2002 году компания Autodesk приобрела Charles River Software с целью активного продвижения имеющихся разработок, которые являлись прямыми конкурентами ее собственного детища «Architectural Desktop».

Revit стал поистине революционным продуктом в сфере информационного моделирования зданий, данная платформа использовала визуальную среду

программирования с целью создания «семейств», которые будут оснащены определенным набором параметров, также Revit стал первым продуктом, который ввел временной показатель как неотъемлемый элемент четырехмерного моделирования, это предоставило возможность прогнозировать строительные процессы на основе BIM-модели, а также полноценно моделировать процесс строительства. Первая возможность проявить себя появилась у программного комплекса Revit во время проектирования и строительства Башни Свободы в Манхэттене, модель которой можно наблюдать на рисунке 2.



Рисунок 2 – Модель Башни Свободы в Манхэттене

Этот проект был разработан в нескольких отдельных, но между тем взаимосвязанных между собой моделях, в режиме реального времени связи проецировались в графическом представлении, что позволяло своевременно оценивать экономический аспект проекта и затраты на материальные ресурсы.

Несмотря на то, что график реализации проекта был несколько нарушен в связи с политическими причинами, наблюдающийся прогресс в координации строительных процессов и эффективное планирование операций на площадке стали аргументом в пользу разработки совершенствования программного обеспечения, которое может использоваться для единовременного взаимодействия всех участников, задействованных в реализации проекта [6].

### *Развитие принципов совместной работы*

В первое время активного становления Revit наблюдалась тенденция тесного взаимодействия архитектурных моделей и инженеров-сетевиков, отсюда последовало логичное действие Autodesk: они выпустили несколько отдельных версий Revit для каждого из участников проекта, архитектурная, конструктивная и инженерная версии данной программы пользовались огромным спросом. Такое масштабное развитие не могло не принести соответствующие плоды, поэтому теперь Revit вполне мог считаться фундаментальной платформой для выполнения проектов крупной промышленности, где особенно важен подход BIM к всестороннему проектированию. В Revit 6, выпущенном в 2004 году, устанавливаются определенные алгоритмы, которые успешно сохранились и до настоящего времени, а именно до 18-й версии. Эти алгоритмы заключаются прежде всего в принципе единой коренной модели, успешно объединяющей в себе все вспомогательные модели, которые могут быть как общедоступными, так и персонализированными, иначе говоря изменения в любой из разделов проекта могут вноситься исключительно кругом лиц, обладающим определенными правами. Начиная с 2004 года эти нововведения позволяют беспрепятственно работать над проектом неограниченному количеству участников вне зависимости от их местоположения.

Следующим значимым этапом в истории развития BIM-технологий является создание единого формата передачи данных информационной

модели - International Foundation Class (IFC). Данное решение, несомненно, выглядит целесообразным, так как проектировщики всегда использовали и используют по сей день широкий спектр различных программ, что в некоторых случаях приводит к трудностям в дальнейшем сотрудничестве.

«Информация» есть первостепенное понятие в структуре информационного моделирования, следовательно, малейшая неточность ее воспроизведения, которая как раз и может являться последствием различия передаваемых форматов, может привести к глобальным последствиям. Данный вопрос встал настолько остро, что, помимо единого универсального формата, огромные усилия были брошены на создание программного комплекса, который будет предназначен исключительно для координации между различными форматами. Решением стала программа, имеющая сейчас огромную популярность из-за своей обширной функциональности, а именно Navisworks. Navisworks позволяет координировать все общие данные модели, формировать возможные варианты реализации тех или иных строительных операций, а также выявлять коллизии, примеры визуального представления коллизий можно наблюдать на рисунках 3 и 4.

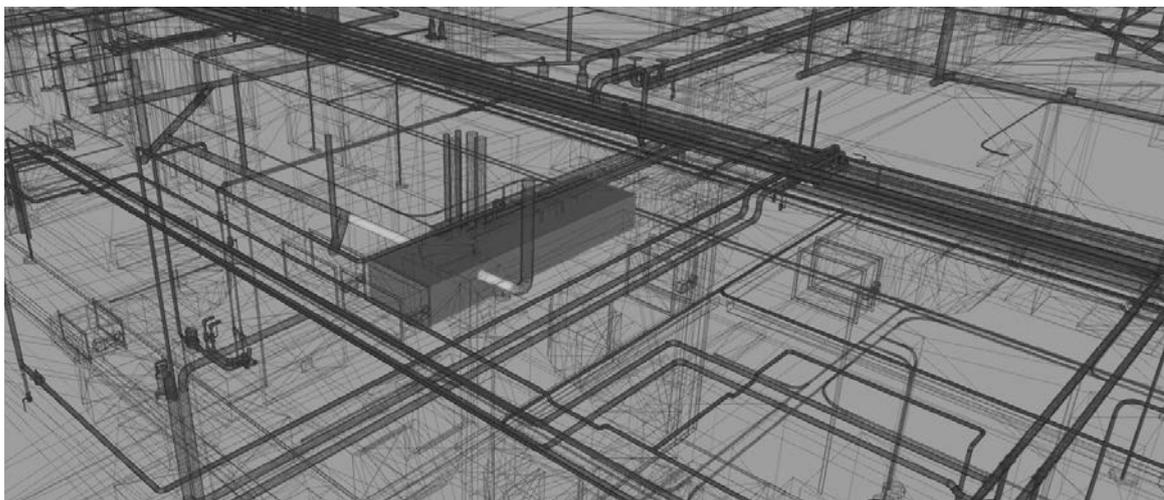


Рисунок 3 – Визуальное представление пересечения элемента канализации и вентиляционного канала.

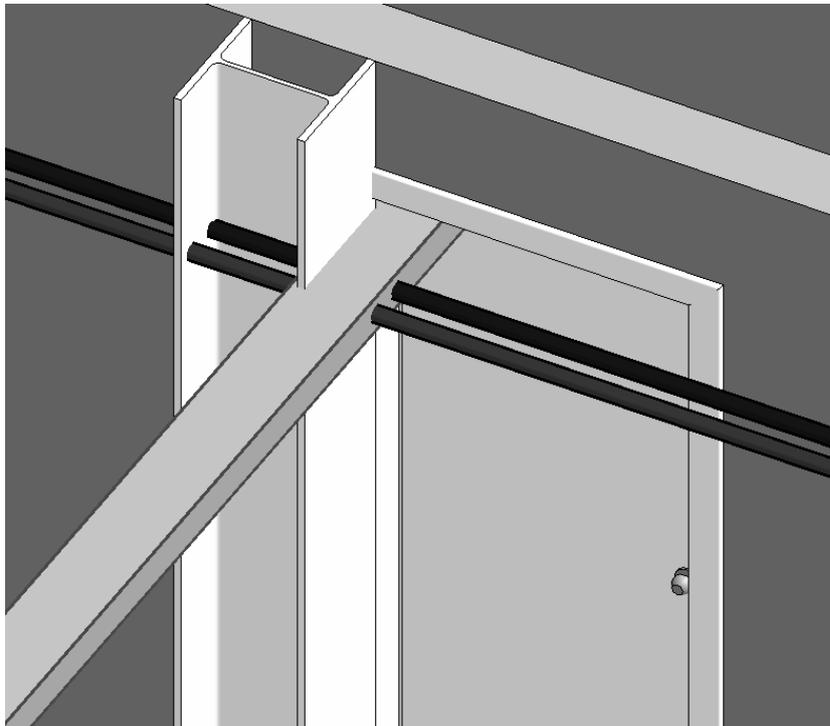


Рисунок 4 – Визуальное представление пересечения конструктивных элементов и трубопровода.

На сегодняшний день Revit – это одна из основных платформ для BIM-проектирования, она объединяет в себе архитекторов, конструкторов и инженеров, с каждым годом программный комплекс только совершенствуется, появляется все больше дополнений для расчетов освещенности, инсоляции, акустических свойств пространства и т.д. [7]. Диаграмма, предназначенная для расчетов одного из этих факторов, представлена на рисунке 5.

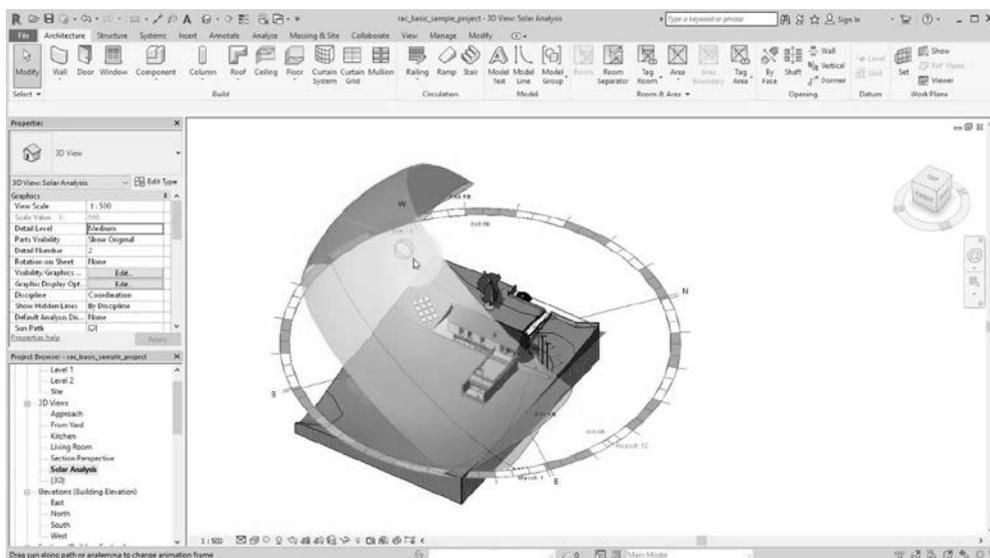


Рисунок 5 – Солнечная 3D-диаграмма, реализованная на основе BIM-модели

Общая концепция BIM-технологий на сегодняшний день насчитывает уже не одно десятилетие, однако отрасль только приближается к осознанию основных преимуществ повсеместного использования информационного моделирования. Тесное взаимодействие человеческого разума и компьютерных возможностей, технологии дополненной реальности, облачные сервисы, генерируемая среда проектирования – все это продолжает активно способствовать развитию технологии.

#### **1.4 Российский опыт в вопросах информационного моделирования**

Первый опыт развития BIM-технологий в России датируется 80-ми годами прошлого века, но все же работа кафедры Л.Н. Авдотьина в МАРХИ не смогла продолжить свою деятельность на тот момент времени.

В начале XXI века картина значительно поменялась, благодаря главным разработчикам систем автоматизированного проектирования компании Autodesk на территорию нашей страны постепенно начала поступать информация о BIM-технологиях. 2008 год знаменовался представлением одной из первых BIM-работ в нашей стране, ей стала информационная модель Главного комплекса зданий НГУ в Академгородке Новосибирска, представленная на рисунке 6.

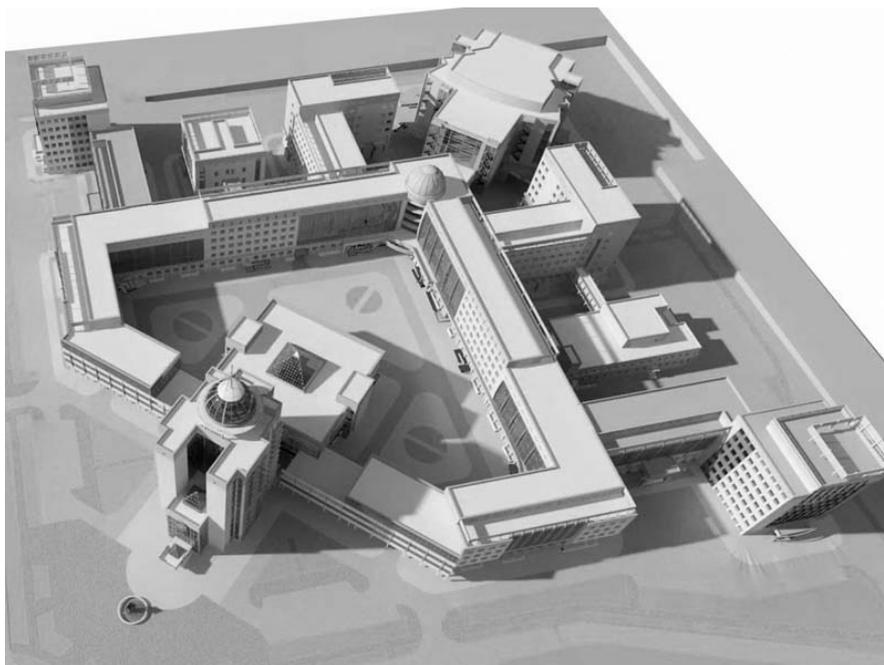


Рисунок 6 – Модель ГК НГУ, выполненная в 2008 году

Перед авторами проекта открывались многообещающие планы, к которым относились проектирование на основе эскизной модели, процессы управления последующими строительными операциями, но мировой финансовый кризис не позволил запланированному стать явью, реализация была отложена на неопределенный срок. Только в 2015 году первая очередь комплекса была завершена, применение информационного моделирования уже на том этапе реализации показало экономическую выгоду на сумму близкую к одному миллиарду рублей. Нельзя не отметить влияние интернета на темпы развития BIM-технологий в России, сообщество isicad, представление о котором может сложиться исходя из рисунка 7, уже на протяжении шести лет является мощной площадкой для публикации статей ведущих специалистов, работающих непосредственно в области информационного моделирования, проведения дискуссий, направленных на решение проблем САПР и технологий информационного моделирования, получения дельных советов касательно внедрения данной методики в повседневную жизнь строительной отрасли [7].



Рисунок 7 – Крупнейший интернет-портал России, посвященный BIM-технологиям – isicad.ru

Информационное моделирование в последние пять лет активно поддерживается на всех уровнях государственного устройства, так, на заседании президиума Совета при Президенте РФ 4 марта 2014 года, посвященному вопросам инновационного развития России и модернизации экономики, во время рассмотрения текущего состояния дел в сфере строительства Минстрой РФ получил задание по подготовке стратегии инновационного развития отрасли, плана постепенного внедрения BIM-технологий в сферу гражданского и промышленного строительства. Также особое внимание планировалось уделить вопросам прохождения экспертизы проектной документации, в чьей основе лежит комплексное применение технологий информационного моделирования. Из всего вышеизложенного можно сделать разумный вывод, что правительство всерьез заинтересовано во внедрении современных и активно развивающихся технологий в строительство.

Подобные решения отразились и в официальных постановлениях, так, в конце 2014 года министр строительства и ЖКХ России Михаил Мень представил приказ № 926/пр «Об утверждении плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства». Данный документ заключал в себе следующие задачи:

- утвердить план постепенного внедрения BIM-технологий;
- выявить инициативную рабочую группу для решения вопросов относительно плана при Министерстве строительства и ЖКХ РФ;
- проконтролировать исполнение настоящего приказа.

С планом поэтапного внедрения технологий информационного моделирования можно ознакомиться на рисунке 8.

## УТВЕРЖДЕН

приказом Министерства строительства  
и жилищно-коммунального хозяйства  
Российской Федерации

от 29 декабря 2014 г. № 326/рп

**План поэтапного внедрения технологий информационного моделирования  
в области промышленного и гражданского строительства в проектировании**

Наименование мероприятия	Вид документа, подтверждающего исполнение мероприятия	Исполнитель (соисполнители)	Срок
1. отбор и направление в органы экспертизы "пилотных" проектов, проектирование которых осуществлялось с применением технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства	проектная документация	Экспертный совет при Правительстве Российской Федерации Минстрой России НОПРИЗ	март 2015 г.
2. проведение экспертизы органами экспертизы "пилотных" проектов, подготовленных с использованием технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства	заключение экспертизы	органы экспертизы ФАУ "Главгосэкспертиза России" Минстрой России	апрель - ноябрь 2015 г.
3. анализ результатов проектирования и экспертизы проектов, подготовленных с использованием технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства, определение перечня нормативных правовых и нормативно-технических актов, образовательных стандартов, подлежащих изменению, разработке	доклад в Правительство Российской Федерации	Минстрой России АНО "АСИ" Экспертный совет при Правительстве Российской Федерации ФАУ "Главгосэкспертиза России"	декабрь 2015 г.
4. внесение изменений в нормативные правовые и нормативно-технические акты, образовательные стандарты	нормативные правовые акты нормативно-технические акты образовательные стандарты	Минстрой России АНО "АСИ" ФАУ "Главгосэкспертиза России" НОПРИЗ	декабрь 2016 г.
5. подготовка специалистов по использованию технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства, экспертов органов экспертизы		Минстрой России Ассоциация строительных вузов НОПРИЗ органы экспертизы	декабрь 2017 г.

**Рисунок 8 – План внедрения, рассчитанный трехлетний цикл**

Конец 2014 года был богат на события, связанные с всплеском активности в сфере информационного моделирования России. Именно в тот временной промежуток «Мосгосэкспертиза» начала подготовку персонала, а также выявила основные требования, предъявляющиеся модели на стадии прохождения экспертизы, тем самым способствуя проведению экспертизы BIM-моделей в обширном смысле.

Активное внедрение современных технологий также продолжается и в 2015 году, об этом свидетельствуют следующие мероприятия:

- количество компаний, внедряющих технологии BIM, стремительно возрастает;

- специалисты, работающие в соответствующих программах, а также владеющих пониманием концепции BIM, пользуются обширным спросом [8];

- рост интереса к технологиям информационного моделирования ввиду обилия бесплатных сервисных услуг, к коим можно отнести вебинары, консультации, семинары, конференции и т.д.

- реализация BIM-приложений отечественного производства;

- появление нескольких консалтинговых компаний, специализация которых базируется на внедрении технологий BIM [9];

- применение технологий информационного моделирования для реализации крупных и знаковых проектов, например, BIM-проект нового здания Мариинского театра, представленный на рисунках 9 и 10.



Рисунок 9 – Визуальное представление Второй сцены Мариинского театра

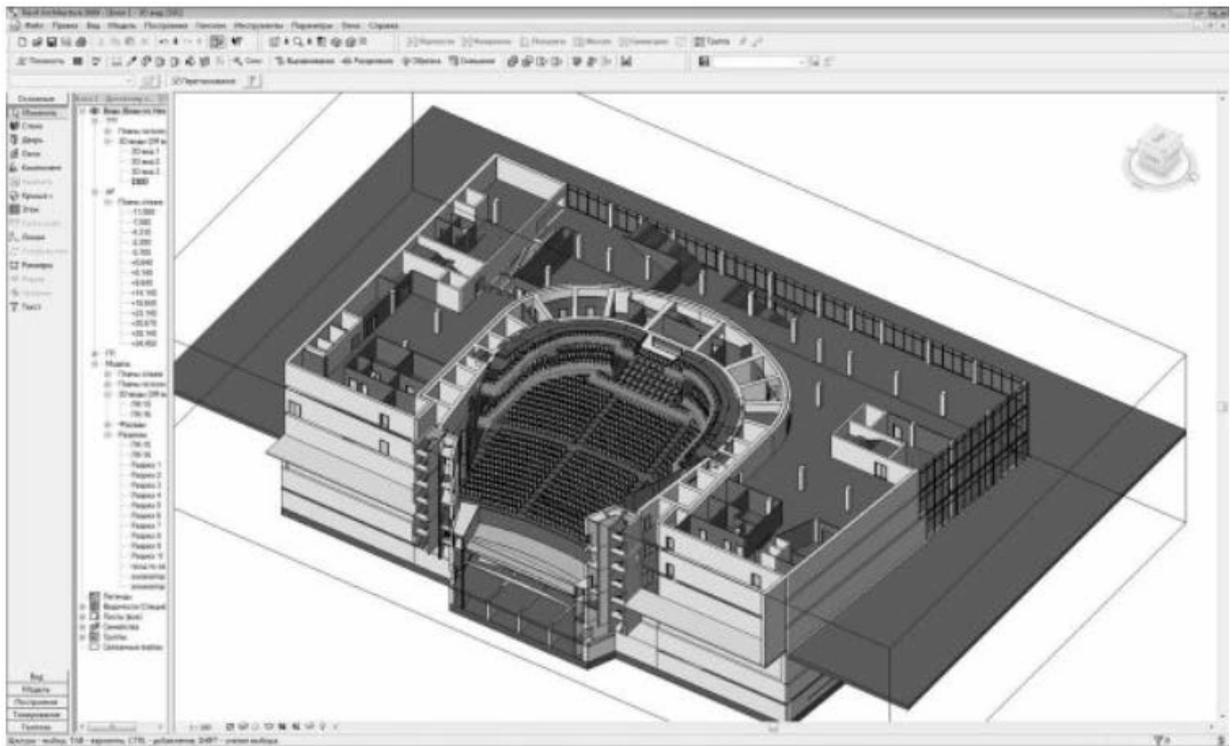


Рисунок 10 – Информационная модель театра, выполненная в программе Revit

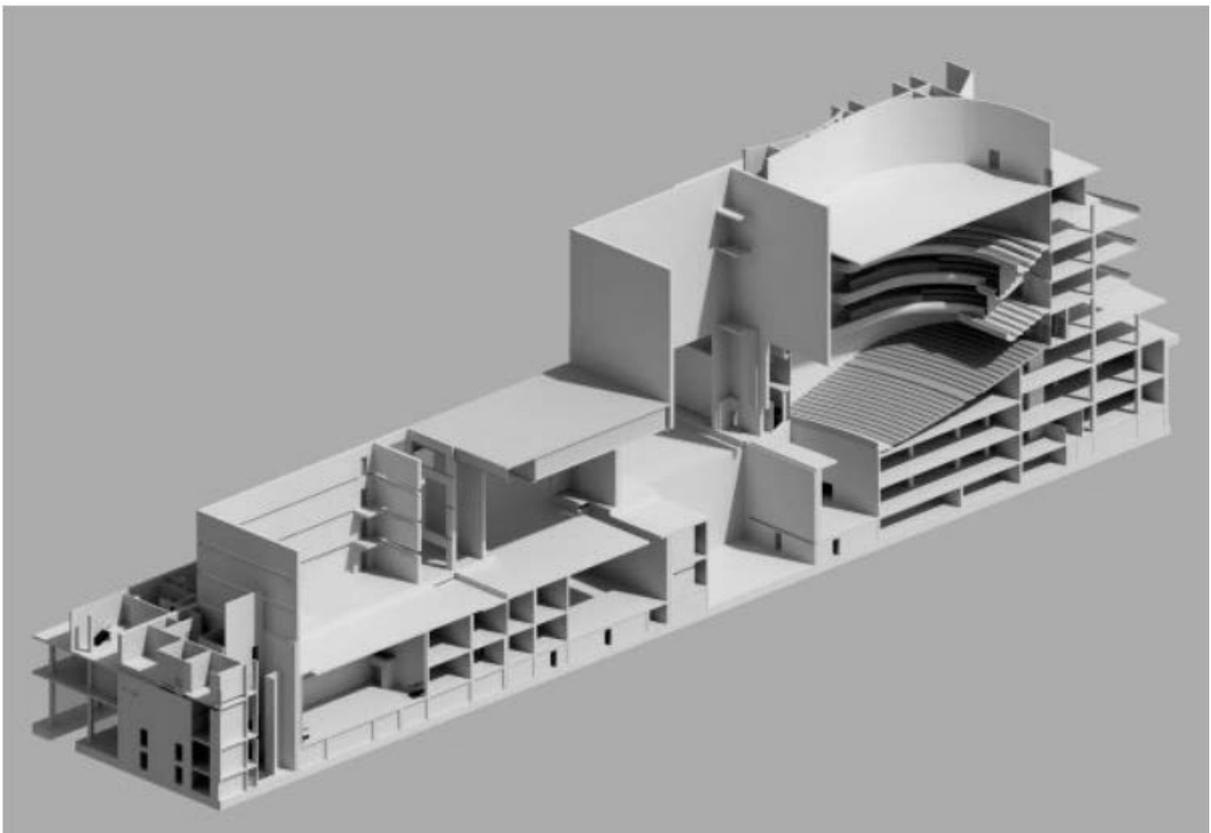


Рисунок 11 – Информационная модель театра: объемный разрез.

Основные цели программы по внедрению на 2016 год звучали следующим образом:

- внести изменения в действующие нормативные документы;
- разработать новые нормативно-правовые документы, регламентирующие применение информационной модели на протяжении всего жизненного цикла объекта.

Однако достижение этих целей затянулось на продолжительный период времени, таким образом первые СП, посвященные вопросам BIM, увидели свет только в 2018 году. С 1 марта 2018 года действительными являются три нормативных документа:

- 1) СП 328.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели»;
- 2) СП 331.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах»;
- 3) СП 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила оформления информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла».

В 2018 году начата разработка базовых стандартов, определяющих основные принципы, понятия и терминологию BIM: ГОСТ Р «Организация информации о строительных работах. Информационный менеджмент с применением информационного моделирования. Часть 1. Основные принципы и понятия» и ГОСТ Р «Организация информации о строительных работах. Информационный менеджмент с применением информационного моделирования. Часть 2. Стадия создания активов». Аналогичные стандарты ИСО (ISO 19650-1 и ISO 19650-2), находятся в настоящее время в завершающей стадии разработки.

Эксперты ПК 13 «Обработка, хранение и обмен информацией, относящейся к строительным работам» ТК 465 «Строительство», принимают участие в этих работах с 2017 года [10].

Система нормативно-технических документов в общей сложности будет включать в себя 15 национальных стандартов (ГОСТ Р), 10 сводов правил, в том числе: 13 ГОСТ Р и 4 СП – документы, разработанные по основополагающим (базовым) направлениям; 2 ГОСТ Р и 6 сводов правил – для отдельных стадий жизненного цикла [10].

История развития BIM-технологий в России наглядно демонстрирует, что путь информационного моделирования в своем начальном состоянии был тернист и не лишен трудностей, и только, начиная с конца 2014 года, можно судить о неуверенном, шатком, но все же выходе России на мировой рынок BIM-технологий.

## **Глава 1. Выводы**

В Главе 1 прежде всего приведены конкретные исторические сведения, которые свидетельствуют о поэтапном развитии BIM-технологий. Определены начальные факторы, способствующие зарождению активно развивающейся отрасли, выявлены предпосылки, которые свидетельствовали о необходимости тех или иных изменений. Приведена оценка опыта зарубежных компаний, параллельно с ней производится анализ факторов, влияющих на зарождение технологий информационного моделирования на территории России. Представлена хронология событий, отображающая длительный путь BIM-технологий от первых моделей до сегодняшнего дня.

## **Глава 2 Разработка информационной модели сетей водоснабжения и водоотведения индивидуального жилого дома**

### **2.1 Информационная модель как неотъемлемый элемент современного проектирования**

Как было сказано ранее, объектом исследования является информационная модель индивидуального жилого дома. Проектирование зданий и сооружений является, действительно, трудоемким процессом, который включает в себя следующие стадии:

- разработка эскизного проекта;
- создание проектной документации (ПД);
- создание рабочей документации (РД);
- выполнение дизайн-проекта.

Уровень проработки каждой из стадий непосредственно влияет на качественную оценку конечного результата. Для лучшего понимания функциональности концепции BIM-технологии для каждой из стадий необходимо в отдельном порядке рассмотреть каждую из них.

#### *Эскизный проект*

В основе любого архитектурного проектирования прежде всего лежит эскизный проект. Именно на данном этапе реализуются основные, но все же первичные наработки идей, которые в будущем могут быть видоизменены в соответствии с требованиями, предъявляемыми Заказчиком, разработчиками разделов и т.д. Главная цель на стадии эскизного проектирования – успешно согласовать с Заказчиком концепцию будущего объекта [12], зачастую в качестве концепции выступают планировочные решения и композиция. Для эскизного проекта с высокой вероятностью разрабатывают именно трехмерные модели, так как они позволяют взглянуть на будущий объект под наиболее реалистичным углом восприятия действительности.

## Проектная документация

Основной стадией в проектировании является непосредственно разработка ПД, так как преобладающий объем работ выполняется именно здесь, именно во время разработки ПД происходит согласование проектных идей с соответствующими органами. В соответствии с Постановлением Правительства РФ №87 от 16 февраля 2008 года проектная документация включает в себя 12 разделов, их общий перечень представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав проектной документации [13].

Номер раздела	Наименование раздела	Шифр раздела
1	«Пояснительная записка»	ПЗ
2	«Схема планировочной организации земельного участка»	ПЗУ
3	« <u>Архитектурные решения</u> »	АР
4	«Конструктивные и объёмно-планировочные решения»	КР
5	«Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений»: <ul style="list-style-type: none"><li>• а) подраздел «<u>Система электроснабжения</u>» (ИОС1);<ul style="list-style-type: none"><li>○ ЭГ - молниезащита и заземление</li><li>○ ЭС - электроснабжение (от ТП до ВРУ)</li><li>○ ЭМ - электрооборудование (компьютеры, холодильники, плиты, стиральные машины, электрические розетки, насосы, двигатели и т.п.) (буква "М" в аббревиатуре означает Монтаж)</li><li>○ ЭО - электроосвещение (внутреннее)</li><li>○ ЭН - электроосвещение наружное.<sup>[13]</sup></li></ul></li><li>• б) подраздел «<u>Система водоснабжения</u>» (ИОС2);</li><li>• в) подраздел «<u>Система водоотведения</u>» (ИОС3);</li><li>• г) подраздел «<u>Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети</u>» (ИОС4);</li><li>• д) подраздел «<u>Сети связи</u>» (ИОС5);</li><li>• е) подраздел «<u>Система газоснабжения</u>» (ИОС6);</li><li>• ж) подраздел «<u>Технологические решения</u>» (ИОС7);</li></ul>	ИОС
6	« <u>Проект организации строительства</u> »	ПОС

7	«Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства» (при необходимости сноса или демонтажа)	ПОД
8	«Перечень мероприятий по <u>охране окружающей среды</u> »	ООС
9	«Мероприятия по обеспечению <u>пожарной безопасности</u> »	ПБ
10	«Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов»	ОДИ
10_1	«Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащённости зданий, строений и сооружений приборами учёта используемых энергетических ресурсов»	ЭЭ
11	« <u>Смета на строительство объектов капитального строительства</u> »	СМ
12	Иная документация в случаях, предусмотренных законодательными актами, в том числе:	

### *Рабочая документация*

В данный промежуток времени создаются чертежи, отличающиеся особенной детализацией, выполняются спецификации по всем разделам проекта. Главная цель этого этапа – максимально обеспечить информационную полноту картины разрабатываемого проекта для успешного выполнения строительно-монтажных работ (СМР).

### *Дизайн-проект*

На данном этапе основное внимание уделяется внутреннему устройству здания, а точнее к его интерьеру. Дизайн-проект обычно находится в прямой взаимосвязи от двух требований: функционального назначения здания и его стилового направления. Предпочтения Заказчика формируют конечное представление об объекте, далее создаются детальные чертежи раздела «Технологические решения».

*Функциональность информационной модели на стадиях проектного производства*

Принцип единства – основной формообразующий принцип BIM, так, однажды воспроизведенная модель может служить для обширных целей на любой из стадий жизненного цикла здания. Различным этапам соответствуют различные требования к информационной модели, BIM-модель находится в процессе постоянного развития, однако информативность – это неизменный элемент и стадии проектирования, и стадии строительства, и стадии эксплуатации.

На этапе проектирования модель не просто разрабатывается с нулевого уровня, но и наполняется основным объемом информативной нагрузки, которая будет сохраняться даже до момента вывода объекта из эксплуатации.

Стилистическая концепция на стадии эскизного проекта играет основополагающую роль, поэтому информационная модель может разрабатываться в наиболее упрощенном варианте, например, в части исключительно архитектурных решений. На стадии эскизного проектирования наблюдаются следующие операции:

- быстрое воспроизведение уже существующей инфраструктуры;
- изучение территории проектирования;
- разработка множества вариантов;
- предварительная оценка экономических и временных затрат;
- анализ различных архитектурных решений, принимаемых в условиях существующей застройки;
- создание эскизных проектов линейных объектов;
- реализация визуального представления объектов.

Исходя из вышеперечисленных положений, можно сделать вывод, что стадия эскизного проектирования является отправной точкой для создания будущих проектных решений в сфере BIM-технологий.

Подключение специалистов смежных разделов, к коим можно отнести конструкторов, инженеров ОВ, ЭС, ВК и т.д., происходит непосредственно на стадии разработки ПД. Далее преимущества информационного моделирования обозначаются наиболее явственнее, одним из них, естественно, является возможность одновременной работы всех специалистов в едином файле-хранилище. Совместная работа заключается в следующих аспектах:

- каждый участник проекта закреплен за своей рабочей частью проектной модели;
- каждый раздел проектной документации находится во всецелом ведении соответствующего специалиста;
- внешние ссылки помогают слаженно организовывать принцип совместной работы;
- смежные разделы используются другими участниками проекта без возможности изменения;
- все изменения синхронизируются с единой моделью-хранилищем и отображаются в каждом из связанных файлов.



Рисунок 12 – Принцип совместной работы в информационной модели

Единая информационная модель – это бесконечное хранилище различных вариаций ПД. Разрезы, фасады, детализировочные чертежи узлов и т.п. выводятся из пространства информационной модели, следовательно трудозатраты минимизируются.

Автоматизация работы со спецификациями – это наиболее явное преимущество использования BIM-модели для создания РД. Соответствующая информация, заложенная изначально на первичных этапах ее разработки, заполняется в соответствующие графы утвержденных ГОСТ спецификаций.

Преимущества, выявленные на предшествующих стадиях реализации проекта, сохраняются также и для стадии создания дизайн-проекта. Дизайн-проект, реализуемый с применением технологий информационного моделирования, содержит:

- функциональное зонирование помещения;
- расстановка оборудования и мебели, представленная в трехмерном формате;
- схемы инженерных систем в 3D виде.

Говоря об итогах рассмотрения влияния BIM-технологий на проектные работы, можно выявить следующие особенности:

- виды, разрезы, фасады и прочие перспективные виды формируются автоматически;
- коллизии (пересечения) выявляются в согласовании со всеми элементами модели, на рисунке 13 представлена коллизия элементов одного раздела;
- двухмерное и трехмерное варианты представления чертежей; - обширная индивидуализация проекта;
- вариативность проекта, ввиду быстрого внесения возможных изменений;

- создание документации (ведомости, спецификации и т.п.) в автоматическом режиме в соответствии с требованиями ГОСТ [14].

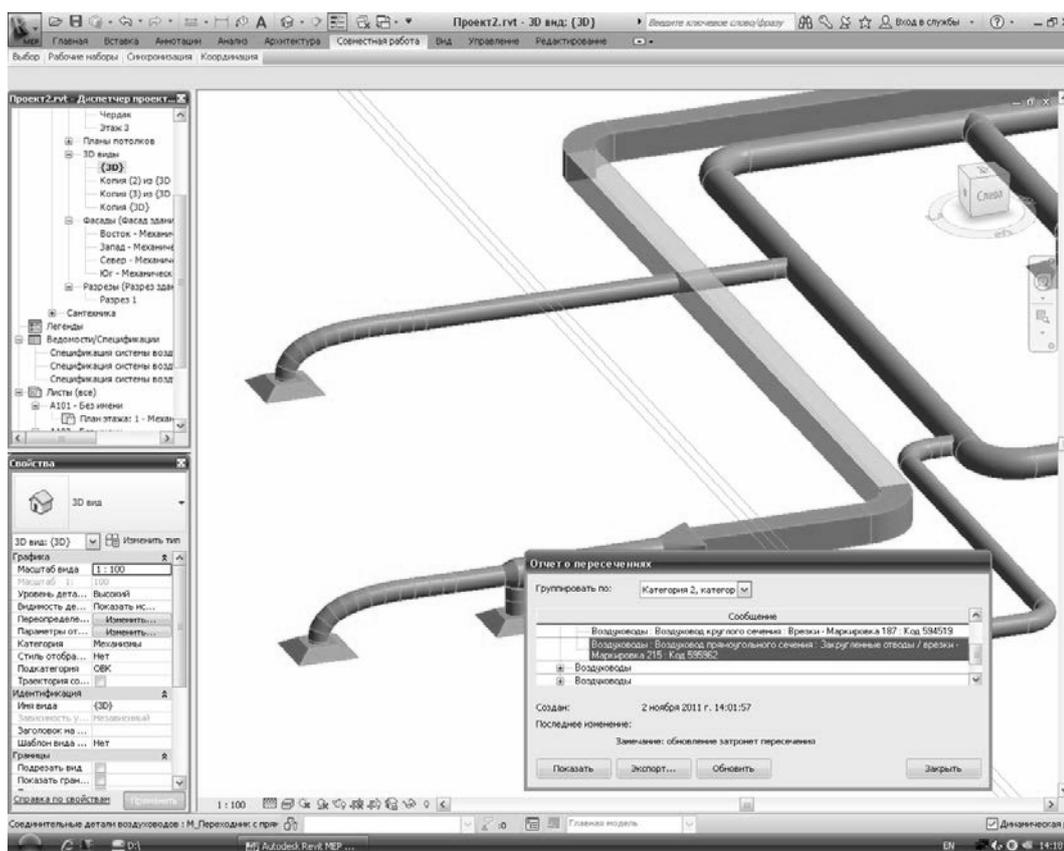
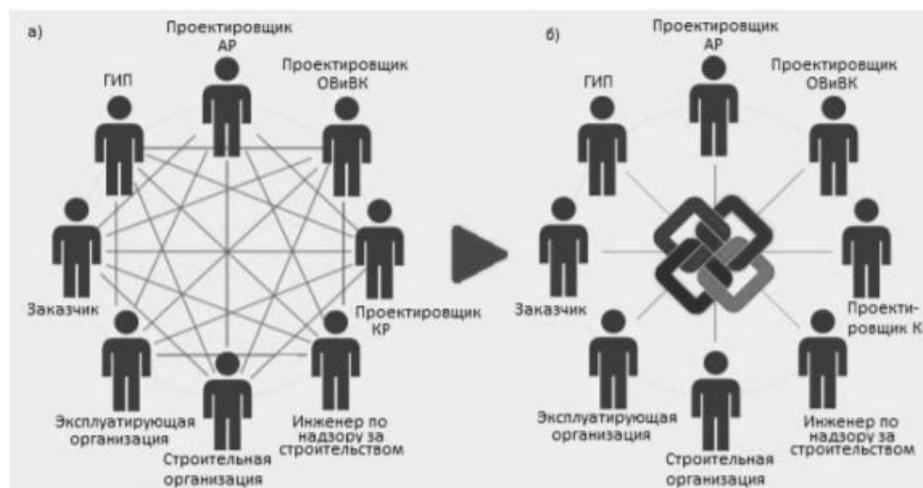


Рисунок 13 – Коллизия элементов

Подводя итоги вышеизложенного повествования, трудно недооценить положительное влияние информационного моделирования здания на весь спектр операций, производимых на стадии проектирования объекта. Однако, как и все современные технологии BIM требует особого внимания к процедуре его внедрения. Особое внимание заключается прежде всего в поэтапном вовлечении сотрудников [15], готовности к возможным рискам и первоначальному снижению производительности и т.д. Несмотря на любые возникающие трудности, конечный результат в 9 случаях из 10 будет зависеть исключительно от вложенных ресурсов, и финансовых, и трудовых.

## 2.2 Дальнейшее применение проектной информационной модели

Как уже было неоднократно отмечено, информационная модель здания находит свое применение на абсолютно любом этапе жизненного цикла объекта, схема взаимодействия всех участников проекта представлена на рисунке 14 [16].



а) 2D проектирование; б) BIM-моделирование

Рисунок 14 – Взаимодействие участников проекта при различных подходах к его реализации

Однако стадии строительства и эксплуатации являются менее изученными в сфере BIM-технологий [17], т.к. зачастую Заказчик, используя информационную модель и опираясь на требования 35 нормативной документации, ограничивается исключительно визуальным трехмерным представлением будущего проекта, не задумываясь о технических выгодах информационного моделирования для последующих этапов реализации проекта [18]. Особого внимания заслуживает адаптация информационной модели для стадии строительства объекта, т.к. перечень возможных задействованных функциональных процессов, действительно, обширен:

- организация взаимодействия между проектировщиками и строительными организациями;
- организация и управление строительными процессами;
- получение достоверной информации о сроках выполнения работ (4D модель, в которую в качестве дополнительного параметра введено «время»), реализуется посредством календарного и сетевого графика выполнения работ;
- получение обоснованной информации о стоимости работ (5D модель: в качестве дополнительного параметра присутствует «стоимость») [19];

- осуществление строительного надзора: пользуясь планшетным компьютером с загруженной ранее информационной моделью, инженер непосредственно на строительной площадке делает пометки, сведения о которых синхронизируются с единой моделью, следовательно, в проектную организацию поступает максимально достоверная информация;

- прогнозирование динамики выполнения работ, а также ее отслеживание;

- точное определение потребности в материалах [20].

Единовременное согласованное выполнение поставленных задач, которое способствует сдаче объекта в установленный срок, не представляется возможным при традиционных методах проектирования, т.к. сама суть BIM-технологий заключается в формировании всего проекта 3D в едином информационном пространстве. Благодаря 4D модели процесс совмещения нескольких параллельных графиков рабочих процессов различных организаций или бригад значительно упрощается. Это позволяет не только анализировать соответствие реальной стадийности строительства заявленной, но и также добавлять финансовые показатели для выявления денежных ресурсов, необходимых для жизнеспособности объекта на каждом из этапов [21]. BIM-технологии позволяют систематизировать привычные процессы, отраженные на рисунке 15, экономя при этом, как финансовые, так и трудовые затраты.

Повсеместный контроль выполнения работ, постоянный доступ к визуальной составляющей проекта, а также прочие вышеперечисленные преимущества на основе исключительно информационной модели – уже достаточно весомый аргумент в пользу эффективной адаптации BIM-технологий в этап строительного-монтажных работ. Однако BIM-модель может быть не только первостепенным средством достижения поставленной цели, также существует возможность использования различных современных программных комплексов, таким образом, потенциал информационной модели раскрывается более многогранно.

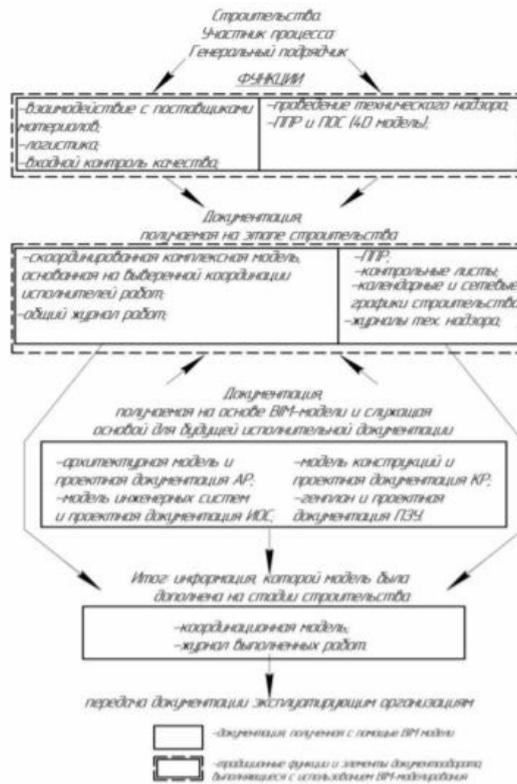


Рисунок 15 – Традиционные задачи, решаемые с помощью информационной модели

### Глава 3 Проект дома с использованием ВМ-технологии и сравнение его с традиционным способом

Кол-во водопотребителей: 69

Общее кол-во сан.тех. приборов: 5

Кол-во сан.тех. приборов с использованием холодной воды: 5

Кол-во сан.тех. приборов с использованием горячей воды: 3

**1. Вероятность действия санитарно-технических приборов  $P$**  (расход воды общий  $P^{\text{tot}}$ , горячей  $P^{\text{h}}$ , или холодной  $P^{\text{c}}$ ) на участках сети вычисляют по формулам:

$$NP_i = \frac{q_{hr,u} \cdot U}{3600 \cdot q_0}$$

Для первого участка:

1)  $NP^{\text{tot}} = \frac{10,3 \cdot 69}{3600 \cdot 0,3} = 0,66$  по таблице Б2:  $\alpha^{\text{tot}} = 0,779$

2)  $NP^{\text{h}} = \frac{5,8 \cdot 69}{3600 \cdot 0,2} = 0,555$  по таблице Б2:  $\alpha^{\text{h}} = 0,710$

3)  $NP^{\text{c}} = \frac{(10,3 - 5,8) \cdot 69}{3600 \cdot 0,2} = 0,431$  по таблице Б2:  $\alpha^{\text{c}} = 0,631$

**2. Максимальный секундный расход воды на расчетном участке сети, л/с,**

$$q = 5q_0 * \alpha ,$$

где  $q_0$  - секундный расход воды (общий  $q_0^{\text{tot}}$ , горячей  $q_0^{\text{h}}$  или холодной  $q_0^{\text{c}}$ ), л/с, водоразборной арматурой (прибором), величина которого принимается согласно формуле (1);

$\alpha$  - коэффициент, определяемый в соответствии с таблицами Б.1 и Б.2 в зависимости от общего числа приборов и вероятности их действия на расчетном участке.

$$1) q^{\text{tot}} = 5 * 0,3 * 0,779 = 1,169 = 1,17 \text{ л/с расход на 1 участке}$$

$$2) q^{\text{h}} = 5 * 0,2 * 0,710 = 0,71 \text{ л/с}$$

$$3) q^{\text{c}} = 5 * 0,2 * 0,631 = 0,631 \text{ л/с}$$

**3. Для определения коэффициента  $\alpha_{\text{hr}}$  используют значение  $NP_{\text{hr}}$ , вычисляемое по формуле:**

$$NP_{\text{hr}} = \frac{3600 \cdot N \cdot P \cdot q_0}{q_{0,\text{hr}}}$$

$$1) NP_{\text{hr}}^{\text{tot}} = \frac{3600 * 0,0025 * 0,3 * 15}{300} = 0,135 \quad \text{по таблице Б2: } \alpha_{\text{hr}}^{\text{tot}} = 0,384$$

$$2) NP_{\text{hr}}^{\text{h}} = \frac{3600 * 0,032 * 0,2}{200} = 0,115 \quad \text{по таблице Б2: } \alpha_{\text{hr}}^{\text{h}} = 0,361$$

$$3) NP_{\text{hr}}^{\text{c}} = \frac{3600 * 0,025 * 0,2}{200} = 0,09 \quad \text{по таблице Б2: } \alpha_{\text{hr}}^{\text{c}} = 0,331$$

#### **4. Максимальный часовой расход воды $q_{\text{hr}}$ , м<sup>3</sup>/ч**

(общий  $q_{\text{hr}}^{\text{tot}}$ , горячей  $q_{\text{hr}}^{\text{h}}$  или холодной  $q_{\text{hr}}^{\text{c}}$ ), м<sup>3</sup>/ч, следует вычислять по формуле

$$q_{\text{hr}} = 0,005 q_{0,\text{hr}} \alpha_{\text{hr}}$$

где  $q_{0,\text{hr}}$  - часовой расход воды (общий  $q_{0,\text{hr}}^{\text{tot}}$ , горячей  $q_{0,\text{hr}}^{\text{h}}$  или холодной  $q_{0,\text{hr}}^{\text{c}}$ ), величина которого принимается:

$$1) q_{\text{hr}}^{\text{tot}} = 0,005 * 300 * 0,384 = 0,576 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$2) q_{\text{hr}}^{\text{h}} = 0,005 * 200 * 0,361 = 0,361 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$3) q_{\text{hr}}^{\text{c}} = 0,005 * 200 * 0,331 = 0,331 \text{ м}^3/\text{ч}$$

**5. Суточный расход воды со средним за год водопотреблением**  $Q_{сут,m}$  (общий  $Q_{сут,m}^{tot}$ , горячей  $Q_{сут,m}^h$  или холодной  $Q_{сут,m}^c$ ),  $m^3/сут$ , на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте следует вычислять по формуле

$$Q_{max} = \frac{\sum_{i=1}^m q_{m,u,i} U_i}{1000}$$

где  $q_{m,u,i}$  - норма расхода воды водопотребителем (общий  $q_{m,u,i}^{tot}$ , горячей  $q_{m,u,i}^h$  или холодной  $q_{m,u,i}^c$ ) в сутки (смену), л, принимается по нормам, установленным региональными органами власти. При отсутствии региональных норм - по таблице А.2;

$m$  - количество групп водопотребителей;

$U_i$  - число водопотребителей различного типа.

Суточный расход воды следует определять с учетом расходов воды всеми потребителями, а также расхода воды на полив территории, если для полива используют воду из системы водоснабжения.

$$1) Q^{tot} = \frac{180 \cdot 4 + 6}{1000} = 0,72 \text{ м}^3/\text{сут}$$

$$2) Q^h = \frac{70 \cdot 4}{1000} = 0,28 \text{ м}^3/\text{сут}$$

$$3) Q^c = \frac{(180 - 70) \cdot 4}{1000} = 0,44 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Таблица А.2 - Нормы расхода воды в зданиях жилых, общественного и промышленного назначения

Потребители	Измеритель	Повышающий коэффициент для климатических районов III и IV	Норма расхода воды, л				Расход воды прибором, л/с (л/ч)	
			в сутки со средним за год водопотреблением		в час наибольшего водопотребления			
			общая (в том числе горячей) $q_{m,u}^{tot}$	горячей $q_{m,u}^h$ при $t^h = 65^\circ\text{C}$	общая (в том числе горячей) $q_{hr,u}^{tot}$	горячей $q_{hr,u}^h$ при $t^h = 65^\circ\text{C}$	общий (холодной и горячей) $q_0^{tot}$ ( $q_{0,hr}^{tot}$ )	холодной или горячей $q_0^c, q_0^h$ ( $q_{0,hr}^c, q_{0,hr}^h$ )
1 Жилые здания								
оборудованные внутренним водопроводом и канализацией, с ванными и местными водонагревателями	1 житель	1,15	180	70,0	10,3	5,8	0,3 (300)	0,2 (200)
То же, с централизованным горячим водоснабжением		1,15	210	75,0	11,6	6,5	0,3 (300)	0,2 (200)

Значения коэффициентов  $\alpha$  и  $\alpha_{hr}$

Таблица Б.1 - Значения коэффициентов  $\alpha$  и  $\alpha_{hr}$  в зависимости от числа санитарно-технических приборов  $N$ , вероятности их действия  $P$  и использования  $P_{hr}$  при  $P(P_{hr}) > 0,1$  и  $N \leq 200$

$N$	$P(P_{hr})$									
	0,1	0,125	0,16	0,2	0,25	0,316	0,4	0,5	0,63	0,8
2	0,39	0,39	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
4	0,58	0,62	0,65	0,69	0,72	0,76	0,78	0,8	0,8	0,8
6	0,72	0,78	0,83	0,9	0,97	1,04	1,11	1,16	1,2	1,2
8	0,84	0,91	0,99	1,08	1,18	1,29	1,39	1,5	1,58	1,59
10	0,95	1,04	1,14	1,25	1,38	1,52	1,66	1,81	1,94	1,97
12	1,05	1,15	1,28	1,41	1,57	1,74	1,92	2,11	2,29	2,36
14	1,14	1,27	1,41	1,57	1,75	1,95	2,17	2,4	2,63	2,75
16	1,25	1,37	1,53	1,71	1,92	2,15	2,41	2,69	2,96	3,14
18	1,32	1,47	1,65	1,85	2,09	2,35	2,55	2,97	3,24	3,53
20	1,41	1,57	1,77	1,99	2,25	2,55	2,88	3,24	3,6	3,92
22	1,49	1,67	1,88	2,13	2,41	2,74	3,11	3,51	3,94	4,33
24	1,57	1,77	2	2,26	2,57	2,93	3,33	3,78	4,27	4,7
26	1,64	1,86	2,11	2,39	2,73	3,11	3,55	4,04	4,6	5,11
28	1,72	1,95	2,21	2,52	2,88	3,3	3,77	4,3	4,94	5,51
30	1,8	2,04	2,32	2,65	3,03	3,48	3,99	4,56	5,27	5,89
32	1,87	2,13	2,43	2,77	3,18	3,66	4,2	4,82	5,6	6,24
34	1,94	2,21	2,53	2,9	3,33	3,84	4,42	5,08	5,92	6,65
36	2,02	2,3	2,63	3,02	3,48	4,02	4,63	5,33	6,23	7,02
38	2,09	2,38	2,73	3,14	3,62	4,2	4,84	5,58	6,6	7,43
40	2,16	2,47	2,83	3,26	3,77	4,38	5,05	5,83	6,91	7,84
45	2,33	2,67	3,08	3,53	4,12	4,78	5,55	6,45	7,72	8,8
50	2,5	2,88	3,32	3,8	4,47	5,18	6,05	7,07	8,52	9,9
55	2,66	3,07	3,56	4,07	4,82	5,58	6,55	7,69	9,4	10,8
60	2,83	3,27	3,79	4,34	5,16	5,98	7,05	8,31	10,2	11,8
65	2,99	3,46	4,02	4,61	5,5	6,38	7,55	8,93	11	12,7

70	3,14	3,65	4,25	4,88	5,83	6,78	8,05	9,55	11,7	13,7
75	3,3	3,84	4,48	5,15	6,16	7,18	8,55	10,17	12,5	14,7
80	3,45	4,02	4,7	5,42	6,49	7,58	9,06	10,79	13,4	15,7
85	3,6	4,2	4,92	5,69	6,82	7,98	9,57	11,41	14,2	16,8
90	3,75	4,38	5,14	5,96	7,15	8,38	10,08	12,04	14,9	17,7
95	3,9	4,56	5,36	6,23	7,48	8,78	10,59	12,67	15,6	18,6
100	4,05	4,74	5,58	6,5	7,81	9,18	11,1	13,3	16,5	19,6
105	4,2	4,92	5,8	6,77	8,14	9,58	11,61	13,93	17,2	20,6
110	4,35	5,1	6,02	7,04	8,47	9,99	12,12	14,56	18	21,6
115	4,5	5,28	6,24	7,31	8,8	10,4	12,63	15,19	18,8	22,6
120	4,65	5,46	6,46	7,58	9,13	10,81	13,14	15,87	19,5	23,6
125	4,8	5,64	6,68	7,85	9,46	11,22	13,65	16,45	20,2	24,6
130	4,95	5,82	6,9	8,12	9,79	11,63	14,16	17,08	21	25,5
135	5,1	6	7,12	8,39	10,12	12,04	14,67	17,71	21,9	26,5
140	5,25	6,18	7,34	8,66	10,45	12,45	15,18	18,34	22,7	27,5
145	5,39	6,36	7,56	8,93	10,77	12,86	15,69	18,97	23,4	28,4
150	5,53	6,54	7,78	9,2	11,09	13,27	16,2	19,6	24,2	29,4
155	5,67	6,72	8	9,47	11,41	13,68	16,71	20,23	25	30,4
160	5,81	6,9	8,22	9,74	11,73	14,09	17,22	20,86	25,6	31,3
165	5,95	7,07	8,44	10,01	12,05	14,5	17,73	21,49	26,4	32,5
170	6,09	7,23	8,66	10,28	12,37	14,91	18,24	22,12	27,1	33,6
175	6,23	7,39	8,88	10,55	12,69	15,32	18,75	22,75	27,9	34,7
180	6,37	7,55	9,1	10,82	13,01	15,73	19,26	23,38	28,5	35,4
185	6,5	7,71	9,32	11,09	13,33	16,14	19,77	24,01	29,4	36,6
190	6,63	7,87	9,54	11,36	13,65	16,55	20,28	24,64	30,1	37,6
195	6,76	8,03	9,75	11,63	13,97	16,96	20,79	25,27	30,9	38,3
200	6,89	8,19	9,96	11,9	14,3	17,4	21,3	25,9	31,8	39,5

Таблица Б.2 - Значения коэффициентов  $\alpha$  и  $\alpha_{hr}$  в зависимости от числа санитарно-технических приборов  $N$ , вероятности их действия  $P$  и использования  $P_{hr}$  при  $P(P_{hr}) > 0,1$  и  $N > 200$

$N \cdot P$ ( $F_{hr}$ )	$\alpha$ ( $\alpha_{hr}$ )	$N \cdot P$ ( $F_{hr}$ )	$\alpha$ ( $\alpha_{hr}$ )	$N \cdot P$ ( $F_{hr}$ )	$\alpha$ ( $\alpha_{hr}$ )	$N \cdot P$ ( $F_{hr}$ )	$\alpha$ ( $\alpha_{hr}$ )	$N \cdot P$ ( $F_{hr}$ )	$\alpha$ ( $\alpha_{hr}$ )
0	0,2	0,64	0,767	10	4,126	58	16,22	330	76,8
0,015	0,202	0,66	0,779	10,2	4,185	59	16,45	335	77,88
0,016	0,205	0,68	0,791	10,4	4,244	60	16,69	340	78,96
0,017	0,207	0,7	0,803	10,6	4,302	61	16,92	345	80,04
0,018	0,21	0,72	0,815	10,8	4,361	62	17,15	350	81,12
0,019	0,212	0,74	0,826	11	4,419	63	17,39	355	82,2
0,02	0,215	0,76	0,838	11,2	4,477	64	17,62	360	83,28
0,021	0,217	0,78	0,849	11,4	4,534	65	17,85	365	84,36
0,022	0,219	0,8	0,86	11,6	4,592	66	18,09	370	85,44
0,023	0,222	0,82	0,872	11,8	4,649	67	18,32	375	86,52
0,024	0,224	0,84	0,883	12	4,707	68	18,55	380	87,6
0,025	0,226	0,86	0,894	12,2	4,764	69	18,79	385	88,67
0,026	0,228	0,88	0,905	12,4	4,82	70	19,02	390	89,75
0,027	0,23	0,9	0,916	12,6	4,877	71	19,25	395	90,82
0,028	0,233	0,92	0,927	12,8	4,934	72	19,48	400	91,9
0,029	0,235	0,94	0,937	13	4,99	73	19,71	405	92,97
0,03	0,237	0,96	0,948	13,2	5,047	74	19,94	410	94,05
0,031	0,239	0,98	0,959	13,4	5,103	75	20,18	415	95,12
0,032	0,241	1	0,969	13,6	5,159	76	20,41	420	96,2
0,033	0,243	1,05	0,995	13,8	5,215	77	20,64	425	97,27
0,034	0,245	1,1	1,021	14	5,27	78	20,87	430	98,34
0,035	0,247	1,15	1,046	14,2	5,326	79	21,1	435	99,41
0,036	0,249	1,2	1,071	14,4	5,382	80	21,33	440	100,49
0,037	0,25	1,25	1,096	14,6	5,437	81	21,56	445	101,56
0,038	0,252	1,3	1,12	14,8	5,492	82	21,69	450	102,63
0,039	0,254	1,35	1,144	15	5,547	83	22,02	455	103,7
0,04	0,256	1,4	1,168	15,2	5,602	84	22,25	460	104,77
0,041	0,258	1,45	1,191	15,4	5,657	85	22,48	465	105,84
0,042	0,259	1,5	1,215	15,6	5,712	86	22,71	470	106,91
0,043	0,261	1,55	1,238	15,8	5,767	87	22,94	475	107,98

0,044	0,263	1,6	1,261	16	5,821	88	23,17	480	109,05
0,045	0,265	1,65	1,283	16,2	5,876	89	23,39	485	110,11
0,046	0,266	1,7	1,306	16,4	5,93	90	23,62	490	111,18
0,047	0,268	1,75	1,328	16,6	5,984	91	23,85	495	112,25
0,048	0,27	1,8	1,35	16,8	6,039	92	24,08	500	113,32
0,049	0,271	1,85	1,372	17	6,093	93	24,31	505	114,38
0,05	0,273	1,9	1,394	17,2	6,147	94	24,54	510	115,45
0,052	0,276	1,95	1,416	17,4	6,201	95	24,77	515	116,52
0,054	0,28	2	1,437	17,6	6,254	96	24,99	520	117,58
0,056	0,283	2,1	1,479	17,8	6,308	97	25,22	525	118,65
0,058	0,286	2,2	1,521	18	6,362	98	25,45	530	119,71
0,06	0,289	2,3	1,563	18,2	6,415	99	25,68	535	120,78
0,062	0,292	2,4	1,604	18,4	6,469	100	25,91	540	121,84
0,064	0,295	2,5	1,644	18,6	6,522	102	26,36	545	122,91
0,065	0,298	2,6	1,684	18,8	6,575	104	26,82	550	123,97
0,068	0,301	2,7	1,724	19	6,629	106	27,27	555	125,04
0,07	0,304	2,8	1,763	19,2	6,682	108	27,72	560	126,1
0,072	0,307	2,9	1,802	19,4	6,734	110	28,18	565	127,16
0,074	0,309	3	1,84	19,6	6,788	112	28,63	570	128,22
0,076	0,312	3,1	1,879	19,8	6,84	114	29,09	575	129,29
0,078	0,315	3,2	1,917	20	6,893	116	29,54	580	130,35
0,08	0,318	3,3	1,954	20,5	7,025	118	29,89	585	131,41
0,082	0,32	3,4	1,991	21	7,156	120	30,44	590	132,47
0,084	0,323	3,5	2,029	21,5	7,287	122	30,9	595	133,54
0,086	0,326	3,6	2,065	22	7,417	124	31,35	600	134,6
0,088	0,328	3,7	2,102	22,5	7,547	126	31,8	605	135,66
0,09	0,331	3,8	2,138	23	7,677	128	32,25	610	136,72
0,092	0,333	3,9	2,174	23,5	7,806	130	32,7	615	137,78
0,094	0,336	4	2,21	24	7,935	132	33,15	620	138,84
0,096	0,338	4,1	2,246	24,5	8,064	134	33,6	625	139,9
0,098	0,341	4,2	2,281	25	8,192	136	34,06	630	140,96
0,1	0,343	4,3	2,317	25,5	8,32	138	34,51	635	142,02
0,105	0,349	4,4	2,352	26	8,447	140	34,96	640	143,08
0,11	0,355	4,5	2,386	26,5	8,575	142	35,41	645	144,14

0,115	0,361	4,6	2,421	27	8,701	144	35,86	650	145,2
0,12	0,367	4,7	2,456	27,5	8,828	146	36,31	655	146,25
0,125	0,373	4,8	2,49	28	8,955	148	36,76	660	147,31
0,13	0,378	4,9	2,524	28,5	9,081	150	37,21	665	148,37
0,135	0,384	5	2,558	29	9,207	152	37,66	670	149,43
0,14	0,389	5,1	2,592	29,5	9,332	154	38,11	675	150,49
0,145	0,394	5,2	2,626	30	9,457	156	38,56	680	151,55
0,15	0,399	5,3	2,66	30,5	9,583	158	39,01	685	152,6
0,155	0,405	5,4	2,693	31	9,707	160	39,46	690	153,66
0,16	0,41	5,5	2,726	31,5	9,832	162	39,91	695	154,72
0,165	0,415	5,6	2,76	32	9,957	164	40,35	700	155,77
0,17	0,42	5,7	2,793	32,5	10,08	166	40,8	705	156,83
0,175	0,425	5,8	2,826	33	10,2	168	41,25	710	157,89
0,18	0,43	5,9	2,858	33,5	10,33	170	41,7	715	158,94
0,185	0,435	6	2,891	34	10,45	172	42,15	720	160
0,19	0,439	6,1	2,924	34,5	10,58	174	42,6	725	161,06
0,195	0,444	6,2	2,956	35	10,7	176	43,05	730	162,11
0,2	0,449	6,3	2,989	35,5	10,82	178	43,5	735	163,17
0,21	0,458	6,4	3,021	36	10,94	180	43,95	740	164,22
0,22	0,467	6,5	3,053	36,5	11,07	182	44,4	745	165,28
0,23	0,476	6,6	3,085	37	11,19	184	44,84	750	166,33
0,24	0,485	6,7	3,117	37,5	11,31	186	45,29	755	167,39
0,25	0,493	6,8	3,149	38	11,43	188	45,74	760	168,44
0,26	0,502	6,9	3,181	38,5	11,56	190	46,19	765	169,5
0,27	0,51	7	3,212	39	11,68	192	46,64	770	170,55
0,28	0,518	7,1	3,244	39,5	11,8	194	47,09	775	171,6
0,29	0,526	7,2	3,275	40	11,92	196	47,54	780	172,66
0,3	0,534	7,3	3,307	40,5	12,04	198	47,99	785	173,71
0,31	0,542	7,4	3,338	41	12,16	200	48,43	790	174,76
0,32	0,55	7,5	3,369	41,5	12,28	205	49,49	795	175,82
0,33	0,558	7,6	3,4	42	12,41	210	50,59	800	176,87
0,34	0,565	7,7	3,431	42,5	12,53	215	51,7	810	178,98
0,35	0,573	7,8	3,462	43	12,65	220	52,8	820	181,08
0,36	0,58	7,9	3,493	43,5	12,77	225	53,9	830	183,19

0,37	0,588	8	3,524	44	12,89	230	55	840	185,29
0,38	0,595	8,1	3,555	44,5	13,01	235	56,1	850	187,39
0,39	0,602	8,2	3,585	45	13,13	240	57,19	860	189,49
0,4	0,61	8,3	3,616	45,5	13,25	245	58,29	870	191,6
0,41	0,617	8,4	3,646	46	13,37	250	59,38	880	193,7
0,42	0,624	8,5	3,677	46,5	13,49	255	60,48	890	195,7
0,43	0,631	8,6	3,707	47	13,61	260	61,57	900	197,9
0,44	0,638	8,7	3,738	47,5	13,73	265	62,66	910	200
0,45	0,645	8,8	3,768	48	13,85	270	63,75	920	202,1
0,46	0,652	8,9	3,798	48,5	13,97	275	64,85	930	204,2
0,47	0,658	9	3,828	49	14,09	280	65,94	940	206,3
0,48	0,665	9,1	3,858	49,5	14,2	285	67,03	950	208,39
0,49	0,672	9,2	3,888	50	14,32	290	68,12	960	210,49
0,5	0,678	9,3	3,918	51	14,56	295	69,2	970	212,59
0,52	0,692	9,4	3,948	52	14,8	300	70,29	980	214,68
0,54	0,704	9,5	3,978	53	15,04	305	71,38	990	216,78
0,56	0,717	9,6	4,008	54	15,27	310	72,46	1000	218,87
0,58	0,73	9,7	4,037	55	15,51	315	73,55	1250	271,14
0,6	0,742	9,8	4,067	56	15,74	320	74,63	1600	343,9
0,62	0,755	9,9	4,097	57	15,98	325	75,72	2000	426,8

**Вывод: Максимальный секундный расход воды на первом расчетном участке сети, л/с :**

$q^{\text{tot}} = 5 \cdot 0,3 \cdot 0,779 = 1,169 = 1,17$  л/с - расход на 1 участке, этот показатель показывает, что максимальный секундный расход воды посчитан верно и сходится со значением в сводной таблице (табл. 2) взятой из программы.

Контур ХВС									
Участок	Напор, м	Вн. диаметр, мм	Макс расход л/с	Длина, м	Макс. скорость м/с	Лин. потери, м	Потери на КМС, м	Гравиц. потери, м	Напор на приборе, м
1	4,0	28	1,17	27	1,9	4,2	0,09	4	31,71
2	31,71	28	0,95	4	1,54	0,4	0,05	4	27,26
3	26,45	22	0,66	4	1,74	0,7	0,08	4	22,48
4	21,67	12	0,2	10	1,77	4,0	0,07	0	18,41
Контур ГВС									
5	4,0	28	0,88	27	1,43	2,5	0,05	4	33,45
6	29,17	28	0,71	4	1,15	0,25	0,03	4	29,17
7	28,73	22	0,48	4	1,26	0,4	0,04	4	28,73
8	27,95	12	0,2	10	1,77	0,7	0,08	0	27,95

Прибор	Расход ХВС, л/с	Расход ГВС, л/с
Душ	0,18	0,22
Смеситель ванной	0,18	0,22
Смеситель мойки, раковины	0,07	0,07
Гиг. душ	0,15	0,15
Унитаз	0,7	-
СМ,ПМ	0,7	-
		Лист

Таблица 2 – Показатели, рассчитанные программой автоматически

### 3.1 Гидравлический расчет сетей внутреннего водопровода

Определяем диаметр и потери давления по длине для трубопроводов холодной и горячей воды на участке 1.

Исходные данные для расчета:

Длина каждого трубопровода  $L = 27,0$  м.

Расчетный расход горячей воды – 1,17 л/с или 0,00071 м<sup>3</sup>/с.

Расчетный расход холодной воды – 0,63 л/с или 0,00063 м<sup>3</sup>/с.

Минимальный диаметр трубопровода  $d_{min}$ , м, при расчетном секундном расходе  $q$ , л/с. Задаемся начальной скоростью воды в трубе 1 м/с.

Для трубопровода горячей воды:

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{4q}{\pi v}};$$

где:

$q$  – расход воды, м<sup>3</sup>/с.

$v$  – скорость воды в трубе, м/с.

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.00071}{3.1415 \cdot 1}} = 0,03 \text{ или } 30 \text{ мм минимальный диаметр трубы, принимаем}$$

диаметр 32 мм.

Расчетная скорость в трубопроводе с учетом уменьшения диаметра трубопровода за счет коэффициента эквивалентной шероховатости - 0,13 мм.

$$v = \frac{4q}{\pi d_{\text{тр}}^2};$$

где:

$d_{\text{тр}}^2$  – внутренний диаметр трубы, м.

$$V = \frac{4 \cdot 0.00071}{3.1415 \cdot 0.028 \cdot 0.028} = 1,15 \text{ м/с}$$

Число Рейнольдса  $Re = \frac{v d_{\text{тр}}}{\nu}$ ;

где  $\nu$  – кинематическая вязкость жидкости при заданной температуре, м<sup>2</sup>/с.

$$Re = \frac{1,15 \cdot 0.028}{0,0000004} = 80500$$

Расчет коэффициента гидравлического трения:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{\Delta}{d_{\text{вн}}} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25};$$

где:

$\Delta$  – коэффициент эквивалентной шероховатости внутренней поверхности трубы, мм.

$$\lambda = 0,11 * \left( \frac{0,00013}{0,028} + \frac{68}{80500} \right) 0,25 = 0,0298$$

Линейные потери давления по длине в трубопроводах, м:

$$h_l = \lambda \frac{L v^2}{d_{\text{тр}} 2g};$$

где:  $g$  – ускорение свободного падения, 9,80665 м/с<sup>2</sup>.

$$h_l = 0,0298 * \frac{27 * 1,15 * 1,15}{0,028 * 2 * 9,8} = 1,94 \text{ м}$$

Расчет трубопровода холодной воды:

$$d_{\text{min}} = \sqrt{\frac{4 * 0,00063}{3,1415 * 1}} = 0,028 \text{ или } 28 \text{ мм}$$

$$V = \frac{4 * 0,00063}{3,1415 * 0,028 * 0,028} = 1,023 \text{ м/с}$$

$$R_e = \frac{1,023 * 0,028}{0,0000004} = 71622$$

$$\lambda = 0,11 * \left( \frac{0,00013}{0,028} + \frac{68}{71622} \right) 0,25 = 0,03$$

$$h_l = 0,03 * \frac{27 * 1,15 * 1,15}{0,028 * 2 * 9,8} = 1,95 \text{ м}$$

### 3.2 Сравнение параметров систем водоснабжения индивидуального жилого дома разработанных традиционным и с использованием BIM-технологий способами

Параметры	Традиционный способ	С использованием BIM
Макс. Расход, л/с	1,169	1,17
Вн. Диаметр, мм	28	28
Макс. Скорость, м/с	1,9	1,9
<b>Сравнение технологических параметров</b>		
Время проектирования	В 2 раза дольше	В 2 раза быстрее
Скорость проектирования	-	Увеличена
Точность проектирования	-	Выше
Сокращение стоимости строительства	-	+
Сокращение ошибок при проектировании	-	+
Востребованность специалистов	Становится меньше	Становится больше
Совместное использование при работе	-	+
Автоматизация	-	+

Таблица – 3 Сравнительная таблица

## **Глава 4 BIM технологии в архитектурной, инженерной и строительной отрасли в программе образовательных учреждений**

В последние годы многие владельцы государственных и частных секторов начали требовать информационные модели зданий (BIM) в новых строительных проектах. Несмотря на то, что в целом в отрасли наблюдается значительный рост популярности BIM технологии, но это так по-прежнему и не входит в программу учебных заведений. Это исследование, направленно на изучение использования BIM в образовательных проектах по архитектуре, инженерным и строительным дисциплинам. Исследование, в ходе которого изучалось внедрение BIM в компании, внедрение BIM в проекты, преимущества и недостатки использования BIM, так же BIM распространили среди архитекторов, инженеров-строителей, инженеров-механиков и подрядчиков по всей территории США. По результатам опроса стало ясно, что большинство опрошенных из всех пяти дисциплин использовали BIM. BIM чаще всего использовался для трехмерной визуализации, автоматизации документирования и обнаружения ошибок. Наиболее важными преимуществами BIM являются: более высокий уровень маркетинга и более четкое понимание проектов, которые имеют решающее значение для таких людей, как школьники, учителя и директора. Отсутствие опыта и необходимость в профессиональной подготовке являются основными препятствиями на пути использования BIM. Полученная информация в рамках исследования, демонстрирует распространенность использования BIM в проектах образовательных учреждений и показывает, как BIM может помочь улучшить обмен знаниями между дизайнерами, подрядчиками и клиентами, что приведет к повышению (качества образования) / уровня учебных заведений. Эти результаты исследований могут быть использованы для оказания помощи компаниям АПС, которые заинтересованы в реализации BIM в проектах образовательных учреждений.

В последние годы информационное моделирование зданий (BIM) сильно повлияло на отрасль архитектуры, проектирования и строительства (АПС) как на

одну из главных информационных и коммуникативных систем технологий, используемых в этой отрасли.

В отрасли АПС для 3D-визуализации используется BIM, которая включает в себя модуль проверки пересечений, анализ целесообразности, анализ конструктивности (проверка соблюдения условий), оценку количества и стоимости, 4D/планирование, экологическую экспертизу/LEED анализ, создание рабочих чертежей и план эксплуатации помещений. Использование BIM технологий может повысить эффективность строительства, улучшить сотрудничество и обмен знаниями между членами команды, а также может помочь в выполнении строительных работ.

Использование BIM технологий в рамках проекта снижает риски, повышая эффективность, сводя к минимуму ошибки и непонимание между проектировщиками, инженерами и подрядчиками. А также снижается необходимость в сотрудничестве и обмене знаниями между всеми заинтересованными сторонами для обеспечения точности и надежности.

В принятии решений при комплексной реализации проекта (КРП) есть: собственник (инвестор), проектная организация, специалисты по строительству, эксплуатации и техническому обслуживанию, именно они участвуют на всех этапах проекта, начиная с проектирования и заканчивая этапом эксплуатации и технического обслуживания. Однако в повседневной жизни собственник (инвестор) и заказчик не обязательно являются одним и тем же лицом, и, таким образом, собственник может быть исключен из процесса проектирования и строительства. В случае зданий учебных заведений, важно включить представителя собственника (например, студентов, учителей, директоров и начальников) в процесс проектирования, строительства и обслуживания зданий, чтобы достичь высокого качества проекта, который удовлетворит потребности заказчика. Предыдущие исследования также показали, что комплексная реализация проекта создает проектную среду, которая позволяет полностью использовать процесс BIM; в результате, учебное заведение, вовлеченное в КРП, может также извлечь пользу от использования BIM для образовательной программы.

BIM может использоваться для трехмерной визуализации, которая гораздо более удобна в использовании, например, для учащихся начальной школы,

по сравнению с двухмерной. На этапе проектирования школьники могут принимать участие в проектировании здания, используя 3D-обучающие пошаговые уроки. Кроме того, BIM может помочь на этапе проектирования с имитацией эвакуации школьников в случае чрезвычайной ситуации (например, пожара). Учащиеся также могут сделать анализ дневного освещения в школьном проекте с помощью использования инструментов 3D BIM; важно, чтобы студенты проектировали дизайн дневного света, поскольку дневной свет необходим для образовательного процесса студентов и изучения материала курса. Другим примером может стать использование BIM для контроля энергетических характеристик здания; этот процесс может быть включен в учебную программу средней школы (например, курс физики), где учащиеся могут использовать свои здания как живые лаборатории.

Независимо от всех достижений, потенциальных применений и преимуществ, BIM еще не принят в качестве единого (отраслевого) стандарта в США. Лу и др. исследователи провели всесторонний обзор литературы, опубликованной в период с 1998 по 2012 год, и выяснили, что тщательные исследования в области применения информационных и коммуникационных технологий, в архитектурно-строительной отрасли, отсутствуют. Предыдущие исследования указывали на необходимость дополнительных исследований по внедрению BIM в целом, а также для более конкретных исследований, посвященных всем дисциплинам, касающимся АПС. Кроме того, его коллеги отметили, что было проведено очень мало исследований об отношении архитекторов к внедрению BIM. Ли со своими исследователями предложили провести дополнительное исследование о взаимосвязи между использованием BIM и факторами, которые влияют на это использование.

Миеттинен и Паавола подчеркнули необходимость детальных исследований в развитии использования BIM на разных этапах проекта в разных дисциплинах. Для управления объектом на этапе эксплуатации и технического обслуживания на протяжении всего жизненного цикла здания автономные университеты в США использовали в основном BIM технологии, в то время как использование BIM для проектирования и нового строительства, а также реконструкции и ремонта существующих учебных зданий было ограничено.

Таким образом, обзор опубликованной литературы показал дефицит информации по использованию BIM для проектов образовательных учреждений K-12 (от детского сада до 12-го класса). Также можно заметить, аналогичный дефицит информации о существующем использовании BIM в образовательных учреждениях в сфере архитектурно-строительного образования. Этот недостаток исследований по использованию BIM в проектах образовательных учреждений был нашей мотивацией для проведения этого исследования.

Кроме того, обратите внимание, что исследование, представленное в этом документе, было частью более широкого исследования, целью которого было изучение существующего использования BIM для образовательных учреждений в США, и на основе этих результатов разработать главные принципы для внедрения BIM в проекты такого рода. Отдел образования штата Флорида предложил использовать эти принципы для проектирования и строительства учебных заведений. Мотивацией для этого исследования послужили несколько примеров стандартов BIM, разработанных для использования в университетах США, таких как Университет штата Огайо, Университет Индианы, Университет Иллинойса, Университет Западного Мичигана, Университет Южной Калифорнии и Университет Вирджинии.

Предыдущие исследования показали, что BIM полезен для всего строительства, и наша цель состояла в том, чтобы выяснить, как BIM может помочь проектам образовательных учреждений. Для решения вышеупомянутой потребности в исследованиях, мы провели всестороннюю общенациональную оценку использования BIM в образовательных учреждениях в США (включая как здания K-12, так и здания университетов) на разных этапах жизненного цикла проектов. Цель этого исследования заключалась в изучении практики внедрения и использования BIM в дисциплинах АПС, с тем чтобы лучше понять отношение студентов к использованию BIM в проектах образовательных учреждений. Целями исследования было определить подходит ли каждой дисциплине внедрение BIM в своих компаниях, внедрении BIM в проектах, преимуществах использования BIM и недостатки, мешающие внедрению BIM в проекты образовательных учреждений. В частности, это исследование направлено на ответы на следующие вопросы:

1. Насколько распространено использование BIM в проектах образовательных учреждений?
2. Какие приложения BIM используются в проектах образовательных учреждений?
3. Как BIM использовался для совместного обмена знаниями двумя заинтересованными сторонами по проектам образовательных учреждений?
4. Как BIM помогает проектировщикам решить проблему отсутствия эффективного метода изучения и оценки различных проектов учебных заведений и проблем неполных, неточных и несогласующихся чертежей?
5. Как использование BIM помогает подрядчикам решать проблемы, связанные с большим количеством столкновений строительных систем и работой с неполными строительными документами, что увеличивает количество запросов информации и меняет заказы при строительстве учебных заведений?
6. Как BIM может помочь в предоставлении качественных образовательных услуг для заказчика?
7. Чем отличается использование BIM в проектах образовательных учреждений по сравнению с другими зданиями (например, коммерческими зданиями)?

Обзор литературы посвящен всем типам зданий, поскольку литература по использованию BIM на специально образовательных объектах была очень ограниченной.

BIM как термин используется для представления, как информационной модели здания, так и совместной работы, используемой различными заинтересованными сторонами проекта. Национальный институт строительных наук (НИСН) определил информационные модели зданий как «цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта ... [это] служит общим источником знаний для информации об объекте». BIM интерпретирует и передает атрибуты каждой системы здания одновременно через общую модель с полными данными, которая помогает всем сторонам, участвующим в проекте. Эта автоматизированная модель обеспечивает более легкую передачу данных, проверку ошибок, документирование и обмен идеями между различными отделами. Кроме того, информационное моделирование

здания определяется как совместная работа, которая генерирует данные, которые будут использоваться на различных этапах жизненного цикла здания, таких как проектирование, строительство, эксплуатация и техническое обслуживание.

Принятие BIM-технологии неуклонно растет с 2007 года. В 2007 году 28% отрасли приняли BIM-технологии, почти половину (49%) в 2009 году и 71% в 2012 году. В 2012 году 70% архитекторов, 67% инженеров и 74% подрядчиков внедрили BIM-технологии. Другое исследование фирмы McGraw Hill Construction по всему миру показало, что половина компаний в США и Канаде используют BIM в течение 3–5 лет и 8% в течение 11 лет. Спрос на BIM со стороны государственных и частных заказчиков также был фактором, который способствовал быстрому принятию технологии среди проектных и строительных компаний. В 2014 году четверть заказчиков в США требовали использования BIM, тогда как 43% поощряли, но не требовали использования BIM. Несколько государственных учреждений, таких как Управление Общего Обслуживания США (УОО), потребовали внедрения BIM во всех новых проектах.

Преимущества внедрения BIM в проектах. Внедрение BIM в проектах зависит от желания руководителя проекта, главного инженера и главного архитектора использовать BIM, а также зависит от запроса заказчика на использование BIM и сложности проекта. Размер проекта и тип проекта, а также метод реализации проекта и создание совместной рабочей среды оказывают существенное влияние на реализацию BIM в проектах.

Согласно Ahn, Gheisari и Irizarry, Wang и соавторам, BIM может быть реализован на различных этапах жизненного цикла проекта (планирование, проектирование, строительство, эксплуатация и снос). Таким образом, продукт BIM представляет собой цифровую модель, которая предоставляет информацию, например, о дизайне (3D), графике (4D), сметной стоимости (5D) и анализе жизненного цикла (6D). Исследователи Gu and London установили в своем исследовании, что BIM не обязательно использовать на всех этапах проекта. Уровень реализации BIM в проекте может варьироваться от сложного многопрофильного использования BIM в онлайн-среде совместной работы на всех этапах жизненного цикла проекта до простых индивидуальных или

отдельных элементов информационных моделей зданий. Например, Сао и соавторы обнаружили, что в Китае почти треть проектов использовали BIM только в одной фазе проекта.

В целом, использование BIM создает временные и стоимостные преимущества в результате повышения эффективности, более четкого обмена информацией, коллективных усилий, более точных расчетных оценок и уменьшения количества проектных изменений. Более половины (58%) компаний указали, что наибольшим преимуществом использования BIM было значительное сокращение расходов за счет разрешения конфликтов, в то время как почти половина (48%) сообщили, что основным преимуществом было улучшение качества проекта в результате снижения проектного риска и лучшая предсказуемость результатов проекта.

BIM ускоряет принятие решений, повышает безопасность строителей, а также упрощает эксплуатацию и техническое обслуживание объектов. Уменьшает количество правок, количество исков и судебных разбирательств. Использование BIM в проектах повышает эффективность совместных усилий всех участников и ускоряет обмен идеями и информацией, по сравнению с традиционным подходом. Кроме того, BIM обеспечивает более качественный продукт, создает возможность обмена информацией и повышает эффективность работы.

BIM также помогает повысить производительность проекта. Chelson показал, что проекты с поддержкой BIM извлекают выгоду из повышения производительности на местах в пределах от 5 до 40%. Он предложил использовать четыре ключевых показателя повышенной производительности, таких как сокращение количества времени на проверку выполненного этапа работ, сокращение объема доработок, соблюдение графика и уменьшение количества правок из-за разногласий заказчика и инженера. Он обнаружил, что общая выгода от использования BIM - это чистая экономия для заказчика, варьирующаяся от нескольких процентов для конкурсных проектов до более 10% для интегрированных проектов. Проекты, основанные на BIM, упрощают проверку выполненных этапов работ и приводят к средней экономии времени

для подрядчиков на 9%, по сравнению с САД-моделированием. Из-за уменьшения доработок и простоев подрядчики экономят 9% на затратах по проектам с поддержкой BIM-технологии. Кроме того, Poirier и соавторы обнаружили увеличение производительности труда от 75% до 240% в проектах с поддержкой BIM. В другом исследовании сокращение количества правок привело к экономии в 42% на все затраты, затраты времени на прием работ снизились на 50%, а сокращение проектирования привело к экономии на 67%. Nath и соавторы исследовали повышение производительности проектных мероприятий с точки зрения общего времени и времени обработки. Наибольший прирост производительности вызвал количественный взлет, то есть 72% для времени обработки и 64% для общего времени. Общее улучшение производительности составило около 36% для времени обработки и 38% для общего времени.

Более 40% специалистов из всех трех отраслей архитектуры, промышленности и строительства, заявили, что ценность BIM имеет решающее значение на этапе проектирования и разработки строительной документации. Архитекторы и инженеры используют BIM для оценки параметров проекта и автоматического создания точных двухмерных чертежей из 3D модели. BIM-технологии помогают быстро передавать информацию между различными отделами проектирования, и, таким образом, использование BIM расширяет возможности совместной работы всех участников. Архитекторы также используют BIM для 3D визуализации и более комфортного общения с заказчиками, он так же помогает архитекторам свести к минимуму ошибки и пропуски в документах, сократить количество доработок и сократить время проектирования. Благодаря внедрению BIM архитекторы могут автоматизировать разработку строительных документов, узловых элементов и рабочих чертежей, которые легко экспортируются для многих строительных программ из рабочей модели. Автоматизация строительных документов позволяет архитекторам и инженерам тратить больше времени на проектирование проекта, а не на составление и модификацию контрактных документов, при этом обеспечивается более высокая точность чертежей. Производительность и отдельные возможности оптимизируются программным

обеспечением, поскольку система позволяет быстрее моделировать и одновременно обрабатывать данные; один человек, использующий BIM, может производить более трех человек, использующих CAD.

Кроме того, информационные модели зданий позволяют проводить проверку соответствия нормам, оценку затрат и анализ устойчивости конструкции на ранних этапах проектирования. По результатам исследования ученого Вуним и его соавтора, был сделан вывод, что общее мнение людей в отрасли проектирования и строительства заключается в том, что BIM идеально подходит для проектирования, поскольку способствует сотрудничеству между отделами. С помощью BIM инструментов проектировщики могут оценивать эффективность каждого элемента здания и всего проекта, а также их влияние на окружающую среду.

Инженеры используют BIM для определения нагрузок и требований к конструкциям. Функции цифрового производства, подобные BIM, используются инженерами для обработки информации о производстве и согласования последовательности различных работ с изготовителями и субподрядчиками.

### **Преимущества BIM для подрядчиков.**

Подрядчики используют информационные модели зданий для согласования инженерных систем здания, обнаружения наложения одной системы на другую и информирования об этой проблеме сторон, ответственных за ошибки. Этот анализ позволяет сократить затраты и время на этапе строительства благодаря обнаружению проектных ошибок в модели и устранению их на ранних этапах проекта, то есть до начала строительства. Подрядчики также используют BIM для расчета объема расхода количества материала и оценки общих расходов в целях проведения тендеров, а также для планирования графика производства работ. BIM также улучшает планирование и составление расписания субподрядчиков. По словам подрядчиков, два главных преимущества использования BIM в строительстве заключались в сокращении правок и рекламы для заказчика. Поэтому подрядчики также активно используют BIM для визуализации и маркетинга. BIM также может быть полезен для доступа к информационным моделям здания и проверки выполненных этапов работ (РФИ) на стройплощадке, для решения любых

строительных проблем на месте, как только они возникают, и для визуализации последовательности строительных работ, что особенно полезно в случае сложных проектов. BIM является полезным для создания базы данных информации, которая создается на строительной площадке на этапе строительства проекта. Еще одно преимущество BIM заключается в том, что он облегчает предварительное изготовление строительных элементов за пределами площадки, что снова снижает стоимость и продолжительность строительства проекта. Кроме того, технология BIM внедряется на строительных площадках с использованием мобильных устройств, таких как iPad и других портативных планшетов. С помощью мобильных устройств сотрудники на объекте могут получать доступ, проверять, создавать и изменять информационную модель здания и ее атрибуты в режиме реального времени. Эта сложная технология обработки визуализации также может улучшить обучение на месте и существенно повлиять на способы взаимодействия сторон, включая субподрядчиков и владельцев.

### **Преимущества BIM для владельцев.**

Внедрение BIM обеспечивает конкурентное преимущество для компаний (АПС), позволяя им предлагать владельцам новые услуги и гарантируя владельцам максимальную окупаемость инвестиций. Государственные владельцы заметили, что проекты на основе BIM обеспечивают более высокое качество продукции и более эффективные здания, что приводит к снижению затрат на жизненный цикл. BIM также повышает вовлеченность владельцев, обеспечивая более четкую и точную визуализацию проекта. Это упрощает общение с владельцами, так как реалистичные модели 3D-визуализации легче понять, чем 2D-чертежи.

### **Препятствия для использования BIM.**

Несмотря на все преимущества использования BIM, внедрение BIM было медленным. Особенности характера отрасли АПС препятствуют успешному внедрению BIM. Более конкретно, отсутствие внедрения BIM во всем мире может быть результатом таких факторов как инвестиции, обучение персонала, профессиональная ответственность, интеллектуальная собственность и др. Кроме того, препятствовать принятию BIM могут меж-организационные

проблемы, такие как: отсутствие обмена информацией, отсутствие инструментов управления совместной работой, риски безопасности и проблемы с управлением основной моделью BIM. Барьерами для принятия BIM являются: отсутствие плана внедрения BIM, необходимость повышения квалификации работников в организации, организационные проблемы и сложность разработки информационной модели здания. Согласно опросу Dodge Data & Analytics, самыми большими препятствиями на пути успеха BIM были низкий уровень заинтересованности работниками компаний в освоении BIM и низкий уровень сотрудничества между ними.

Некоторые исследователи отметили, что отсутствие совместимости данных между различными приложениями BIM и отсутствие интеграции программного обеспечения препятствуют внедрению BIM. Недостаток взаимодействия между отделами может привести к неточности построения информационных моделей, что потенциально может привести к судебным разбирательствам.

Дополнительные препятствия для принятия BIM включают отсутствие соответствующей правовой среды, связанных с реализацией проектов на основе BIM. А также предполагаемые юридические вопросы, касающиеся отсутствия ясности при определении права собственности на интеллектуальную собственность и ответственности за дизайн. С юридической точки зрения, когда все стороны вовлечены в тесное сотрудничество, возможно, что риски и обязанности переходят от одной стороны к другой. Во избежание путаницы и споров в договоре должны быть указаны обязанности и ответственность каждой участвующей стороны, чтобы уточнить, кто сталкивается с последствиями любых возможных ошибок, неточностей или расхождений в модели.

Одно из препятствий для использования BIM является отсутствие стандартного способа оценки качества объекта и оценки данных, с использованием BIM-технологий. Даже без учета влияния BIM-технологии каждый проект является уникальным. Стандартизировать документы с учетом BIM-технологии в строительстве объектов в промышленной отрасли еще сложнее чем в гражданском строительстве, из-за уникальности каждого промышленного объекта.

Кроме того, принятие BIM-технологии несет первоначальные финансовые потери, которые ограничивают использование BIM из-за затрат, связанных с покупкой программного обеспечения и обучением сотрудников. Помимо вышеперечисленных проблем, так же присутствует человеческий фактор. Отсутствие компетентных работников в области BIM проектирования и строительства представляет собой препятствие для внедрения BIM. Персонал, которому не хватает знания BIM-технологии, препятствует успеху проекта и общему сотрудничеству. Уровень опыта работы с BIM-технологией различается от одного члена команды разработчиков к другому и это влияет на интенсификацию работы компании с данной. Важным элементом для успешного использования BIM является уровень вовлеченности всех отделов, которые участвуют в проекте. Если не все стороны приняли использование BIM в качестве стандартной практики, то в полученной модели будут отсутствовать некоторые системы. Например, Won, Ahn и соавторы указали, что отсутствие субподрядчиков, которые могут использовать BIM, является препятствием для полного принятия BIM. Традиционная технология проектирования и строительства настолько прижилась в отрасли, что появилась проблема внедрения новой технологии.

### **Методы исследования**

Целью исследования было получить понимание использования BIM-технологии проектировщиками и подрядчиками в проектах образовательных учреждений. Для достижения этой цели был разработан инструмент обследования на основе обзора литературы. В опросе было в общей сложности 32 вопроса на различные темы, касающиеся использования участниками BIM-технологии в проектах образовательных учреждений (см. Приложение А). Эти вопросы были сгруппированы в следующие основные разделы: демография, принятие BIM на уровне компании, внедрение BIM на уровне проекта, предполагаемые преимущества использования BIM и предполагаемые препятствия для использования BIM. На основании протокола опроса, одобренного специальной комиссией учреждения (СКУ), участникам было предложено дать согласие на участие в опросе до его начала. Когда участников попросили добровольно дать согласие на участие в опросе они были

проинформированы о том, что им необходимо иметь опыт работы с проектами образовательных учреждений. Каждому участнику было дано две недели для принятия решения об участии в опросе.

Опрос был разработан с использованием сервиса SurveyMonkey, и ссылка на него была отправлена по электронной почте архитекторам, инженерам и подрядчикам, которые были членами профессиональных обществ АПС в США, включая Американский Институт Архитекторов (АИА), Ассоциацию Строителей и Подрядчиков (АСП), Ассоциацию Генеральных Подрядчиков Америки (ФГПФ) и Американское Общество Инженеров-строителей (ФОИС). В общей сложности 1265 участников были уведомлены по электронной почте, из них 569 от архитектурных фирм, 344 от инженерных фирм и 352 от строительных компаний.

Было получено 88 ответов на опрос от архитекторов, инженеров и подрядчиков. Только ответы 68 участников, которые ответили на вопрос опроса о том, использовали ли они BIM или нет, были включены в анализ. Ответы 53 участников, которые указали, что имели опыт использования BIM в проектах образовательных учреждений, были включены в анализ вопросов, связанных с внедрением BIM на уровне компании и внедрением BIM на уровне проекта. Однако ответы всех 68 участников на вопросы, связанные с преимуществами и препятствиями для внедрения BIM, были включены в анализ этих разделов. Ответы на опрос были проанализированы с использованием описательной статистики. Метод кросс-табуляции использовался для анализа ответов в соответствии с ролью участника в процессе проектирования и строительства с целью определения результатов по разделам. Обратите внимание, что в данном документе «N» относится к количеству участников, а «n» относится к количеству выборов, сделанных в случае вопросов типа «выберите все подходящие».

## **Результаты и Обсуждение**

Пять категорий, которые использовались для анализа ответов на опрос, включали архитектора, инженера объекта, инженера-строителя, инженера MEP и подрядчика. Около половины из 88 респондентов (47, 53%) были архитекторами, а 15 (17%) были подрядчиками. Почти треть респондентов (26,

30%) составляли инженеры, состоящие из инженеров-проектировщиков (7, 8%), инженеров-конструкторов (14, 16%) и инженеров-технологов по 3Д (5, 6%) (рис. 1).

### **Внедрение BIM на уровне компании.**

Респондентам задали ряд вопросов относительно внедрения BIM в их компаниях. Более трех четвертей (53, 78%) специалистов-респондентов использовали BIM. Что касается конкретных областей, то большинство инженеров-механиков, инженеров-конструкторов, архитекторов, прорабов и подрядчиков заявили, что используют BIM на практике (рис. 2).

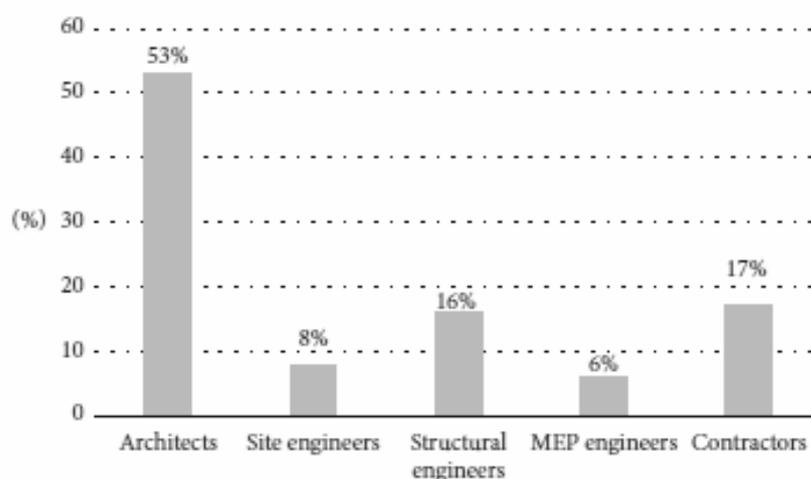


Рисунок 1: Распределение участников опроса по областям (всего N = 88).

Отвечая на вопрос о том, что именно является движущей силой для внедрения BIM в проекты образовательных учреждений в рамках своей компании, большинство архитекторов полагали, что именно управление является главной движущей силой, в то время как меньшинство заявило, что клиенты и конкуренция со стороны других компаний являются движущей силой внедрения BIM (таблица 1). Однако большинство инженеров-конструкторов, инженеров-технологов и подрядчиков считали клиентов основной причиной внедрения BIM. Это очень важный вывод, потому что он показывает, что владельцы/клиенты образовательных учреждений могут поощрять или запрашивать использование BIM, поскольку это, скорее всего, помогает им лучше визуализировать и понять проект. Все инженеры объекта воспринимали давление конкуренции с другими компаниями как движущую силу. Обратите

внимание, что при ответе на этот вопрос респондентам было предложено «выбрать все подходящие варианты».

Поскольку одним из показателей степени внедрения BIM является количество сотрудников, обладающих знаниями BIM в компании, был рассчитан средний процент сотрудников, обладающих знаниями BIM, в каждой из пяти участвующих областей (рисунок 3). Инженеры MEP имели самый высокий средний процент сотрудников, знающих BIM, в своих компаниях, за которыми следовали инженеры и архитекторы.

На вопрос о ценности использования BIM для бизнеса, которую осознали их компании, самая большая доля архитекторов вместе со всеми инженерами объекта заявила, что их компания только начинает видеть потенциальную ценность использования BIM (таблица 2). Большинство подрядчиков и инженеров-конструкторов утверждают, что оптимизировали стоимость использования BIM в их текущем использовании. Большинство инженеров и подрядчиков, работающих в сфере строительства, считали, что их компании только начинают видеть потенциальную ценность использования BIM.

Участникам опроса были заданы вопросы о методах, используемых их компаниями для поощрения использования BIM. Самая большая часть ответивших архитекторов заявила, что их компании требуют использования BIM, и более трети архитекторов заявили, что их компании обеспечивают обучение BIM (таблица 3). Все отвечающие инженеры сайта указали, что их компании вознаграждают сотрудников за продолжение обучения как способ поощрения использования BIM. Большинство ответивших инженеров-конструкторов и почти половина подрядчиков ответили, что их компании проводят обучение BIM для поощрения использования BIM.

На вопрос о том, какие способы предоставления знаний в области BIM лучше, большинство респондентов из всех пяти областей предложили либо провести внутреннее обучение, либо нанять новых квалифицированных специалистов в области BIM (таблица 4). Все инженеры, отвечающие за работу на объекте, полагали, что найм новых квалифицированных специалистов по BIM является наилучшим способом приобретения опыта BIM для компании, в

то время как большинство инженеров MEP, инженеров-конструкторов, подрядчиков, а также большая часть архитекторов считают, что внутреннее обучение является лучшим способом приобрести опыт BIM-проектирования.

Респонденты, утверждавшие, что их компании не используют BIM (15, 22%), задавались вопросом о причинах отсутствия участия в BIM (таблица 5). Единственная область опрошенных, которая ответила, что их компания использовала BIM в прошлом, но больше не использует его, была инженерами объекта. Ни один из респондентов не утверждал, что никогда не слышал о BIM. Удивительно, но единственными дисциплинами, которые ответили, что их компания не заинтересована в использовании BIM, были архитекторы и подрядчики. Однако большинство ответивших подрядчиков, инженеров-строителей и инженеров, не использующих BIM, заявили, что эти компании заинтересованы во внедрении BIM.

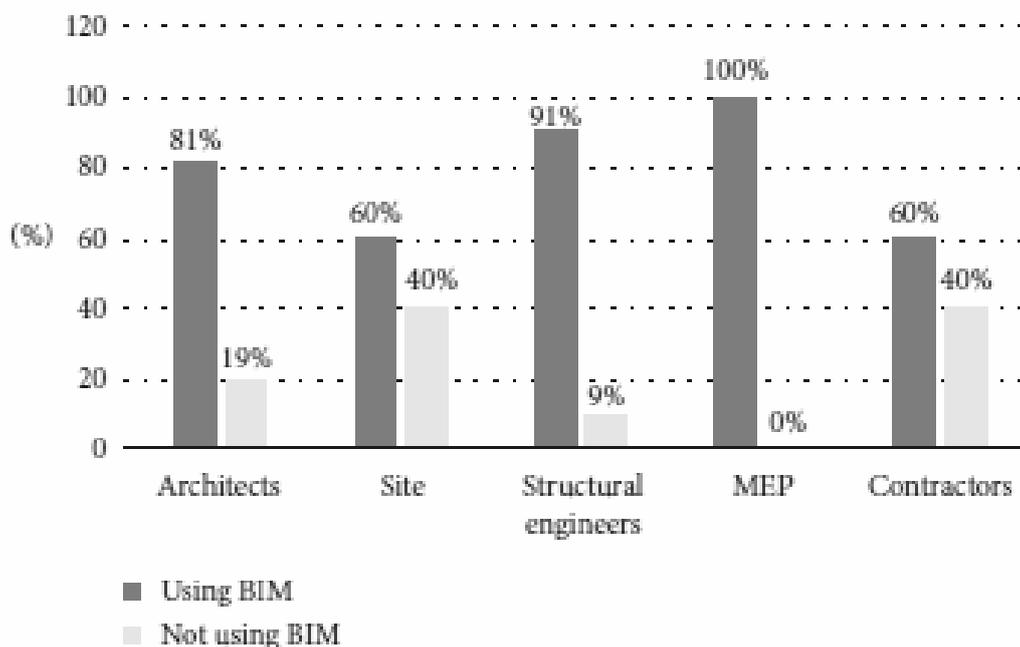


Рисунок 2: Связь между ролью респондента и использованием BIM компанией (всего N = 68).

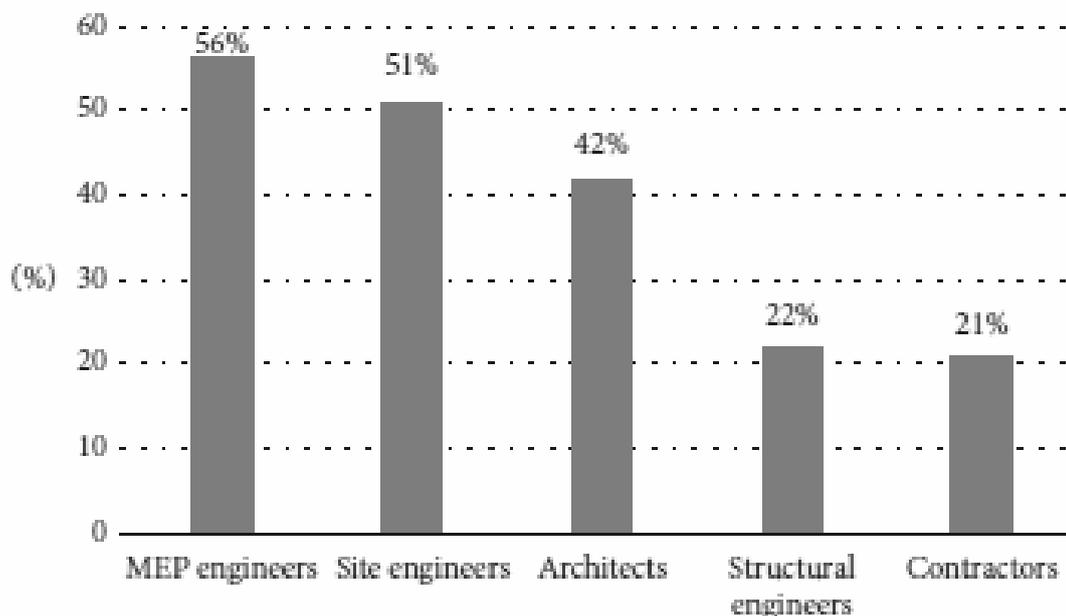


Рисунок 3: сотрудники знающие BIM (N = 52).

### Внедрение BIM в проектах образовательных учреждений.

Что касается внедрения BIM в проекты, то участникам опроса было предложено оценить процент проектов образовательных учреждений, в которых в предыдущие пять лет использовались некоторые приложения BIM (Таблица 6). Средний процент всех ответов был рассчитан для каждого

TABLE 1: Relationship between the role of the respondent and the perceived driving force for BIM implementation in educational facility projects\*.

TABLE 3: Relationship between the role of the respondent and their company's method for encouraging BIM use.

Methods companies use to encourage the use of BIM	Architects $N_A = 25$ (48%)	Site engineers $N_{SE} = 3$ (6%)	Structural engineers $N_{STE} = 10$ (19%)	MEP engineers $N_{MEPE} = 5$ (10%)	Contractors $N_C = 9$ (17%)
It does not encourage use of BIM	2 (8%)	0 (0%)	1 (10%)	1 (20%)	1 (11.1%)
It provides training	9 (36%)	0 (0%)	6 (60%)	2 (40%)	4 (44.4%)
It requires it	10 (40%)	0 (0%)	3 (30%)	2 (40%)	3 (33.3%)
It compensates employees for their continuing education	0 (0%)	3 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (11.1%)
Other	4 (16%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

Note. Total  $N = 52$ .

TABLE 4: Relationship between the role of the respondent and the best method for acquiring BIM expertise.

The best method for acquiring BIM expertise	Architects $N_A = 25$ (48%)	Site engineers $N_{SE} = 3$ (6%)	Structural engineers $N_{STE} = 10$ (19%)	MEP engineers $N_{MEPE} = 5$ (10%)	Contractors $N_C = 9$ (17%)
Hire new BIM-skilled professionals	8 (32%)	3 (100%)	3 (30%)	0 (0%)	3 (33.3%)
Internal training	12 (48%)	0 (0%)	6 (60%)	5 (100%)	5 (55.6%)
Online seminar	1 (4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Outside training	2 (8%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (11.1%)
Other	2 (8%)	0 (0%)	1 (10%)	0 (0%)	0 (0%)

Note. Total  $N = 52$ .

приложения и просчитывался с учетом роли респондентов в определении существующего использования технологий BIM по различным областям на различных этапах проекта.

Все опрошенные указали, что BIM наиболее часто использовался на этапе проектирования проектов образовательных учреждений. Архитекторы и подрядчики использовали BIM для 3D-визуализации и автоматизации документации, а также для обнаружения ошибок в большинстве проектов. Точно так же инженеры сайта утверждали, что используют BIM для трехмерной визуализации и структурного анализа почти во всех своих образовательных проектах. Как и архитекторы и подрядчики, инженеры-строители указали, что они чаще всего использовали BIM для автоматизации документирования и 3D-визуализации в своих проектах и, как и ожидалось, для структурного анализа. Частое использование BIM для 3D-визуализации является важным фактором, поскольку оно указывает на потенциал BIM, чтобы помочь клиентам образовательных учреждений (например, студентам и преподавателям) лучше понять проект, а также донести свои идеи и потребности до команды разработчиков. Инженеры MEP чаще всего использовали BIM для планирования пространства в своих образовательных проектах. Как и ожидалось, на этапе строительства образовательных проектов BIM использовался главным образом подрядчиками и главным образом для отбора и оценки количества, а также планирования и 4D-моделирования строительных работ, поскольку это является основной областью их работы. Все респонденты, независимо от их профессии, отметили наименьшее использование BIM на этапе эксплуатации и технического обслуживания проектов образовательных учреждений. Причиной этого может быть то, что эти дисциплины не часто участвуют в эксплуатации и техническом обслуживании зданий. Как и ожидалось, инженеры MEP сообщили, что они часто используют BIM для анализа производительности зданий в течение всего жизненного цикла зданий.

Была изучена взаимосвязь между ролью респондента и дисциплиной, с которой эти респонденты в первую очередь делятся информацией о BIM при работе над проектированием и строительством учебного заведения, чтобы

понять уровень совместного обмена знаниями между заинтересованными сторонами проекта (таблица 7).

TABLE 5: Relationship between role of the respondent and the reason for their company's lack of BIM involvement.

Reasons for lack of BIM involvement	Architects $N_A = 6$ (40%)	Site engineers $N_{SE} = 2$ (13%)	Structural engineers $N_{STE} = 1$ (7%)	MEP engineers $N_{MEPE} = 0$ (0%)	Contractors $N_C = 6$ (40%)
My company does not use BIM but would like to implement BIM	1 (17%)	1 (50%)	1 (100%)	0 (0%)	3 (50%)
My company has used BIM in the past but no longer uses it	0 (0%)	1 (50%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
My company outsources BIM	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (33.3%)
My company has no interest in using BIM	5 (83%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (16.7%)
I have never heard of BIM	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

Note. Total  $N = 15$ .

TABLE 6: Relationship between the role of the respondent and the average percentage of educational facility projects in which they have used the specific BIM applications in the previous five years by the project phase.

Building phase	Types of BIM applications used in projects (average % of projects)	Architects $N_A = 22$ (45.8%)	Site engineers $N_{SE} = 3$ (6.3%)	Structural engineers $N_{STE} = 9$ (18.7%)	MEP engineers $N_{MEPE} = 5$ (10.4%)	Contractors $N_C = 9$ (18.7%)
Design phase	Automation of documentation	64%	75%	71%	67%	61%
	3D visualization	69%	92%	66%	51%	67%
	Space planning and validation	44%	33%	34%	67%	15%
	Automated checking of code compliance	6%	20%	3%	0%	3%
	Clash detection and collision assessment	49%	75%	54%	50%	68%
	Structural analysis	44%	93%	69%	50%	39%
	MEP analysis	35%	77%	46%	60%	54%
Construction phase	Sustainability analysis (LEED)	29%	39%	32%	44%	18%
	Geographic information systems (GIS) and site-specific analysis	20%	17%	0%	33%	7%
	4D scheduling and simulation of construction activities	8%	32%	23%	17%	38%
	5D quantity take-off and cost estimate	9%	35%	20%	17%	45%

TABLE 6: Continued.

Building phase	Types of BIM applications used in projects (average % of projects)	Architects $N_A = 22$ (45.8%)	Site engineers $N_{SE} = 3$ (6.3%)	Structural engineers $N_{STE} = 9$ (18.7%)	MEP engineers $N_{MEPE} = 5$ (10.4%)	Contractors $N_C = 9$ (18.7%)
Operation and maintenance phase	6D facilities management and maintenance	5%	12%	20%	0%	17%
All phases	Building performance analysis	24%	32%	20%	70%	11%
	Lifecycle analysis	15%	20%	10%	31%	12%

Note. Total  $N = 48$ .

TABLE 7: Relationship between the role of the respondent and the disciplines they primarily share BIM information with when working on educational facility projects.

Disciplines respondents share BIM information with	Architects $N_A = 25$ (48%)	Site engineers $N_{SE} = 3$ (6%)	Structural engineers $N_{STE} = 10$ (19%)	MEP engineers $N_{MEPE} = 5$ (10%)	Contractors $N_C = 9$ (17%)
Owner	4 (16%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (20%)	2 (22.2%)
Architect	1 (4%)	3 (100%)	8 (80%)	4 (80%)	3 (33.3%)
Engineer	14 (56%)	0 (0%)	1 (10%)	0 (0%)	2 (22.2%)
Contractor	3 (12%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Subcontractor	0 (0%)	0 (0%)	1 (10%)	0 (0%)	1 (11.1%)
Manufacturer	1 (4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (11.1%)
Other	2 (8%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

Note. Total  $N = 52$ .

Архитекторы делились информацией BIM в первую очередь с инженерами и, в меньшей степени, с владельцами проектов и подрядчиками.

Прорабы заявили, что они делятся информацией BIM только с архитекторами. Инженеры-конструкторы в основном делились информацией BIM с архитекторами и редко с другими инженерами и субподрядчиками. Инженеры MEP передали информацию BIM только архитекторам и владельцам. Вывод о том, что проектные отделы сотрудничают и обмениваются информацией в первую очередь с архитекторами, был ожидаемым из-за объема проектных работ и рабочего процесса проектирования. Поскольку архитектурный отдел является центральным отделом в проектировании. Тем не менее, не ожидалось, что архитекторы сообщат о менее частом обмене информацией с подрядчиками, хотя этого можно было бы ожидать в случае выполнения проектов в рамках тендерного предложения. Подрядчики указали, что они обычно делятся информацией BIM со всеми остальными отделами, в основном с архитекторами, инженерами и владельцами. Как и ожидалось, конструкторы и подрядчики были единственными, кто обменивался информацией BIM с субподрядчиками. В целом, ответы на вопросы свидетельствуют о сотрудничестве между заинтересованными сторонами, которое обусловлено конкретным этапом проекта учебного заведения и масштабами конкретной работы.

На вопрос о программном обеспечении BIM, которое использует их компания, как и ожидалось, большинство архитекторов ответили, что они использовали архитектуру Revit™ (таблица 8). Прорабы использовали только программное обеспечение Revit™ Suite, которое включает в себя архитектуру Revit™, структуру Revit™ и Revit MEP™. Инженеры объекта были единственными, кто не использовал Navisworks™, что оправдано тем, что Navisworks™ в основном используется для координации систем зданий и обнаружения наложения систем, что выходит за рамки работы инженера объекта. Как и ожидалось, инженеры-конструкторы в первую очередь использовали Revit™ Structure вместе с Tekla Structures™ и Navisworks™, потому что они отвечают потребностям своей сферы деятельности. В основном инженеры МПК использовали Revit MEP™ и Revit Structure™, а затем Navisworks™. Это конкретное программное обеспечение, используемое инженерами MEP, является основной целью использования BIM для

моделирования инженерных систем здания MEP и координации систем со структурой здания. Подрядчики использовали почти одинаково Navisworks™ и Revit Architecture™, Revit MEP™, и Revit Structure™, что опять же может быть объяснено приложениями BIM, необходимыми подрядчикам, такими как анализ конструктивности, координация системы строительства, обнаружение наложений и 4D-планирование строительства. В целом, программное обеспечение Autodesk было наиболее использованной программой BIM по различным отделам. Меньшее число респондентов использовали ArchiCAD™, Bentley™, VICO Construction™, Bentley Construction™ и Digital Project™. Обратите внимание, что при ответе на этот вопрос респондентам было предложено «выбрать все подходящие варианты».

TABLE 7: Relationship between the role of the respondent and the disciplines they primarily share BIM information with when working on educational facility projects.

Disciplines respondents share BIM information with	Architects $N_A = 25$ (48%)	Site engineers $N_{SE} = 3$ (6%)	Structural engineers $N_{STE} = 10$ (19%)	MEP engineers $N_{MEPE} = 5$ (10%)	Contractors $N_C = 9$ (17%)
Owner	4 (16%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (20%)	2 (22.2%)
Architect	1 (4%)	3 (100%)	8 (80%)	4 (80%)	3 (33.3%)
Engineer	14 (56%)	0 (0%)	1 (10%)	0 (0%)	2 (22.2%)
Contractor	3 (12%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Subcontractor	0 (0%)	0 (0%)	1 (10%)	0 (0%)	1 (11.1%)
Manufacturer	1 (4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (11.1%)
Other	2 (8%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

Note. Total  $N = 52$ .

TABLE 8: Relationship between respondent's role and the BIM software they use in projects\*.

BIM software	Architects $N_A = 24$ $n_A = 54$	Site engineers $N_{SE} = 3$ $n_{SE} = 7$	Structural engineers $N_{STE} = 10$ $n_{STE} = 33$	MEP engineers $N_{MEPE} = 5$ $n_{MEPE} = 19$	Contractors $N_C = 9$ $n_C = 41$
Revit Architecture™	22 (91.7%)	3 (100%)	3 (30%)	3 (60%)	8 (88.9%)
Revit Structure™	6 (25%)	3 (100%)	9 (90%)	5 (100%)	6 (66.7%)
Revit MEP™	8 (33.3%)	1 (33.3%)	4 (40%)	5 (100%)	7 (77.8%)
Bentley™	1 (4.2%)	0 (0%)	1 (10%)	0 (0%)	1 (11.1%)
Bentley FM™	0 (0%)	0 (0%)	1 (10%)	0 (0%)	2 (22.2%)
ArchiCAD™	2 (8.3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (22.2%)
Digital Project™	1 (4.17%)	0 (0%)	1 (10%)	0 (0%)	0 (0%)
Tekla Structure™	0 (0%)	0 (0%)	6 (60%)	0 (0%)	2 (22.2%)
Ecotect™	5 (20.8%)	0 (0%)	1 (10%)	1 (20%)	0 (0%)
VICO Construction™	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (33.3%)
Navisworks™	6 (25%)	0 (0%)	6 (60%)	4 (80%)	8 (88.9%)
Other	3 (12.5%)	0 (0%)	1 (10%)	1 (20%)	2 (22.2%)

Note. \*Select all that apply. Percent (%) = number of selections divided by number of respondents for a specific discipline. Total  $N = 51$  and total  $n = 154$ .

TABLE 9: Relationship between the role of the respondent and the perceived value of BIM in different phases of the design and construction process\*.

Project phases	Specific project phases	Architects $N_A = 30$ $n_A = 160$	Site engineers $N_{SE} = 4$ $n_{SE} = 15$	Structural engineers $N_{STE} = 11$ $n_{STE} = 44$	MEP engineers $N_{MEPE} = 5$ $n_{MEPE} = 34$	Contractors $N_C = 15$ $n_C = 78$
Design	Pre-design	9 (30%)	0 (0%)	1 (9%)	3 (60%)	4 (27%)
	Schematic design	22 (73%)	2 (50%)	5 (45%)	4 (80%)	7 (47%)
	Design development	23 (77%)	3 (75%)	8 (73%)	4 (80%)	10 (67%)
	Construction documentation	23 (77%)	4 (100%)	9 (82%)	4 (80%)	12 (80%)
Construction	Bidding process	14 (47%)	0 (0%)	3 (27%)	3 (60%)	9 (60%)
	Preconstruction	15 (50%)	2 (50%)	4 (36%)	4 (80%)	10 (67%)
	Construction administration	19 (63%)	2 (50%)	6 (55%)	3 (60%)	11 (73%)
	Fabrication	15 (50%)	1 (25%)	7 (64%)	4 (80%)	6 (40%)
	Close-out/commissioning	8 (27%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (40%)	5 (33%)
Operation and maintenance	Operation and maintenance	12 (40%)	1 (25%)	1 (9%)	3 (60%)	4 (27%)

Note. \*Select all that apply. Percent (%) = number of selections divided by number of respondents for a specific discipline. Total  $N = 65$  and total  $n = 331$ .

## Ощутимые преимущества использования BIM в проектах образовательных учреждений.

Респондентам было предложено выбрать все этапы проектирования и строительства, на которых они воспринимали использование BIM необходимым для своей компании (таблица 9). Обратите внимание, что при ответе на этот вопрос респондентам было предложено «выбрать все подходящие варианты». Кроме того, всем респондентам, независимо от того, использовали ли они BIM или нет, было предложено ответить на этот вопрос.

Как и предполагалось, архитекторы считали, что внедрение BIM было наиболее ценным на этапах проектирования, т.е. на этапах проектирования эскизных проектов, разработки проектов и разработки строительной документации. Архитекторы сочли BIM наименее ценным на завершающей стадии проектов образовательных учреждений, скорее всего, потому, что они не участвуют в этом этапе проекта. Прорабы и инженеры-конструкторы считали BIM наиболее ценным на этапе строительной документации. Причина этого может заключаться в том, что эти две дисциплины активно участвуют в производстве строительных документов и, следовательно, могут знать по личному опыту все преимущества BIM на этом этапе. Проектировщики инженерных сетей (MEP) были единственными, кто считали, что BIM неизменно ценен на всех этапах проектирования и строительства. Большинство инженеров MEP сочли BIM полезным в эксплуатации и техническом обслуживании (O&M) учебных заведений; причина этого может заключаться в том, что инженеры MEP (проектировщики инженерных сетей здания) активно участвуют в этом этапе проекта и, следовательно, могут извлечь пользу из использования BIM в O&M. Как и ожидалось, подрядчики сочли, что BIM является наиболее ценным на этапе подготовки строительной документации, на этапе управления строительством, на этапах разработки и предварительного строительства, поскольку эти этапы непосредственно связаны с объемом работ и, таким образом, они могут получить все преимущества BIM на этих этапах. В целом, большинство ответивших сочли BIM полезным в эскизном проекте и разработке дизайна, в которых очень важно участие клиента для создания высококачественного проекта.

Затем участникам опроса было предложено использовать 5-балльную шкалу Ликерта (1 = полностью не согласен, 2 = не совсем согласен, 3 = не согласен, 4 = согласен, И 5 = полностью согласен) выразить свое согласие с конкретными преимуществами использования BIM для проектирования и строительства учебных заведений. Для анализа этих ответов было рассчитано среднее значение (то есть средняя оценка) для каждой из пяти областей респондентов, а выводы были сгруппированы в соответствии с этапом проекта учебного заведения (таблица 10). Для дальнейшего анализа опрошенные были

сгруппированы в одну категорию. В данном исследовании опрошенные от 1.00 до 1.49 были сочтены совершенно несогласными, от 1.50 до 2.49 были не совсем согласными, между 2.50 и 3.49 были учтены как не согласен, ни не согласен, средства между 3.50 и 4.49 были рассмотрены как согласен, и средства выше 4.50 были рассмотрены как полностью согласны. Обратите внимание, что все респонденты независимо от того, использовали ли они BIM или нет ответили на этот вопрос.

### **Преимущества BIM на этапе разработки проектов образовательных объектов.**

Все специалисты, отвечающие за ответы, независимо от их профиля работы, согласились с тем, что BIM является полезным для автоматизации документации. Архитекторы и инженеры объекта в большей степени, чем другие, согласились с тем, что BIM является полезным для оценки различных вариантов проектирования, что ожидается из-за того, что эти два направления сосредоточены на проектировании. Использование BIM также позволяет клиентам (например, студентам, преподавателям, школьной администрации) участвовать в визуальной оценке различных проектов и выбирать те, которые наилучшим образом отвечают их потребностям. Кроме того, инженеры-проектировщики и инженеры-конструкторы были единственными двумя профилями, которые согласились с тем, что использование BIM позволило тратить больше времени на проектирование, а не на документацию. Все опрошенные из проектных отделов, за исключением инженеров MEP (проектировщики инженерных сетей здания), согласились с тем, что BIM является полезным для снижения ошибок в проектах, поскольку он помог обнаружить ошибки, пропуски и недочеты до начала строительства. По словам инженеров объекта, инженеров-строителей и подрядчиков, BIM обеспечивает преимущества более быстрых проверок на утверждение и получение разрешений.

### **Преимущества BIM на этапе строительства объектов образования.**

Подрядчики, прорабы и проектировщики инженерных сетей (MEP) согласились с тем, что использование BIM выгодно для сокращения времени на

проведение проверки выполненного этапа работ (RFI), изменений и претензий. Эти три категории также считали, что использование BIM помогло сократить сроки реализации проекта, а также использование материалов и отходов на площадке. Как и ожидалось, подрядчики были единственной дисциплиной, которая указала, что BIM помог им снизить затраты на строительство и производство, поскольку они являются основной категорией людей, непосредственно участвующей в строительстве, и, следовательно, могли бы извлечь выгоду из использования BIM на этом этапе. Интересно, что только прорабы и проектировщики инженерных сетей здания указали, что BIM является полезным для модульного строительства и изготовления, в то время как другие отвечающие были нейтральны в отношении этих преимуществ. Как правило, большинство элементов строительства изготавливается из сборных конструкций, и это может быть причиной того, что эти люди воспринимают преимущества использования BIM для предварительного производства. Преимущества BIM для повышения безопасности строительства были признаны только инженерами MEP (проектировщики инженерных сетей здания); другие опрошенные не согласились с этим преимуществом BIM.

### **Преимущества BIM как на стадии проектирования, так и на стадии строительства проектов образовательного учреждения.**

Инженеры-конструкторы полностью согласились, и опрошенные из оставшихся четырех категорий согласились с утверждением, что BIM был полезен для более активного вовлечения клиента (например, студентов, преподавателей, директоров школ и руководителей) и предоставления клиенту более ясного визуального понимания 3D построение информационной модели как при проектировании, так и при строительстве учебных заведений. Респонденты из всех пяти категорий либо полностью согласились, либо согласились с тем, что использование BIM в качестве нового маркетингового инструмента для фирм было бы полезным, поскольку это могло бы помочь привлечь клиентов. Прорабы и подрядчики согласились с тем, что BIM помогает повысить производительность и эффективность. Т.к. они непосредственно участвуют в строительстве здания и, следовательно, могут

испытать влияние BIM на эффективность и производительность строительства. Интересно, что прорабы были единственными, кто согласилась, что BIM помогает в устойчивом развитии образовательного проекта. Кроме того, прорабы твердо согласились с тем, что использование BIM стимулирует использование других информационных технологий, таких как Unity и ГИС.

### **Преимущества BIM как на стадии строительства, так и на стадии эксплуатации и технического обслуживания (O&M) проектов.**

Прорабы, проектировщики инженерных сетей здания и подрядчики согласились с тем, что BIM является полезным для создания точных моделей учебного заведения, построенных по месту. Документация по проекту является важным окончательным результатом проекта, подготовленным подрядчиком и переданным владельцу для использования на этапе O&M проекта. Это может быть выгодным плюсом для подрядчика. Инженеры MEP могут быть вовлечены в этап O&M и, таким образом, испытать это преимущество BIM.

### **Преимущества BIM на всех этапах строительства.**

Участники опроса признали ряд преимуществ BIM, которые применимы ко всем этапам образовательных проектов. Например, все респонденты, за исключением архитекторов, согласились с тем, что BIM улучшает взаимодействие между отделами. Как и ожидалось, подрядчики и, что интересно, прорабы согласились с тем, что BIM повышает прибыльность проектов на всех этапах проекта. Инженеры и инженеры-конструкторы были всего лишь двумя категориями, которые обнаружили, что BIM является полезным для долгосрочной оценки данных по учебному проекту. В целом,

TABLE 10: Relationship between the role of the respondent and their level of agreement with perceived benefits of using BIM in educational facility projects (mean/average rating score) by the project phase.

Project phase	BIM benefits	Architects $N_A = 30$ (47.6%)	Site engineers $N_{SE} = 4$ (6.3%)	Structural engineers $N_{STE} = 10$ (15.9%)	MEP engineers $N_{MEPE} = 5$ (7.9%)	Contractors $N_C = 14$ (22.2%)
Design phase	Evaluates the impact of different design solutions	3.50	4.00	3.10	3.40	3.43
	Allows more time to be spent on design than on contract documentation	3.03	3.75	3.60	2.80	3.36
	Lowers risk and better predicts outcomes due to discovery of errors, omissions and conflicts prior to construction	3.53	4.00	3.70	3.20	4.00
	Enables automation of documentation (better accuracy and accounts for adjustments and changes automatically)	3.63	4.25	3.60	3.60	4.00
	Enables faster reviews for approvals and permits	2.57	3.75	3.50	2.80	3.79
Construction phase	Reduces RFI's, change orders, claims, and conflicts	3.27	4.00	3.40	3.60	4.07
	Reduces construction and production costs	2.97	3.00	3.30	3.40	4.14
	Reduces project delivery time	3.03	4.00	3.30	3.60	4.00
	Facilitates modular construction	3.13	4.25	3.10	4.00	3.43
	Increase prefabrication	3.07	3.50	3.10	3.60	3.36
	Reduces on-site waste and materials use	2.90	3.75	3.00	4.20	3.50
Both design and construction phases	Improves construction safety	2.47	3.00	2.80	3.60	3.21
	Increases client engagement and provides clearer understanding of 3D visualizations	3.97	4.00	4.60	4.20	4.36
	Increases productivity and efficiency	3.30	3.50	3.40	3.20	4.21
	Encourages consideration for sustainable building systems that conserve energy	3.03	3.75	3.30	2.60	3.36
	Serves as a new marketing tool for firms	3.77	3.75	4.50	4.60	4.36
Encourages use of other technologies (GIS, unity, etc.)	3.07	4.50	3.20	4.00	3.43	

прорабы были согласны с большинством перечисленных преимуществ, а архитекторы согласились с несколькими преимуществами BIM, предлагаемыми в опросе.

Both construction and O&M phases	Provides more accurate as-built deliverables	3.27	3.75	3.40	3.60	4.07
All project phases	Improves collaboration and communication between disciplines due to more reliable and direct data exchange from a single resource of information	3.43	4.00	4.20	4.00	3.93
	Increases project profitability	2.97	3.75	3.10	2.80	4.07
	Allows for long-term data assessment	3.37	4.50	3.50	3.40	3.29

Note. Total N = 63.

## **Препятствия для использования BIM в проектах образовательных учреждений.**

Участникам опроса было предложено использовать 5-балльную шкалу Ликерта (1=совсем не вероятно, 2 = немного вероятно, 3 = умеренно вероятно, 4 = очень вероятно, и 5 = весьма вероятно), чтобы выразить свое мнение о препятствиях, мешающих использованию BIM в проектах образовательных учреждений. Для анализа этих ответов было рассчитано среднее (то есть, средняя оценка) для каждой из пяти категорий респондентов (Таблица 11). В ходе этого исследования было сочтено, что полученные результаты в диапазоне от 1,00 до 1,49 вообще не являются вероятными, результаты в диапазоне от 1,50 до 2,49 были сочтены несколько вероятными, результаты в диапазоне от 2,50 до 3,49 были сочтены вероятными, а результаты в диапазоне от 3,50 до 4,49 - весьма вероятными, и любые средства, превышая 4,50, считаются самыми вероятными. Обратите внимание, что всем респондентам, независимо от того, использовали ли они BIM или нет, было предложено ответить на этот вопрос.

### **Стоимость.**

Подрядчики были единственными, кто считал, что стоимость программного и аппаратного обеспечения и стоимость найма специалистов, разбирающихся в BIM, являются препятствиями, которые, скорее всего, будут мешать более широкому внедрению BIM на проекты образовательных учреждений. По словам прорабов и конструкторов, отсутствие поддающихся количественному определению преимуществ, связанных с использованием BIM, скорее всего, не позволит использовать BIM. Кроме того, инженеры и прорабы указали, что будет сложно обосновать использование BIM в быстро развивающихся и небольших образовательных проектах.

## **Спрос.**

Все респонденты, независимо от категории, считали, что недостаточный спрос на использование BIM со стороны владельцев либо с некоторой вероятностью, либо с умеренной вероятностью будет препятствовать использованию BIM. Этот вывод может указывать на готовность этих специалистов использовать BIM, даже если владельцы этого не требуют.

## **Специалисты BIM.**

Что касается препятствий, связанных со специалистами в области BIM, то инженеры и подрядчики объекта полагали, что отсутствие опыта и необходимости в обучении, а также обязанности участников проектов учебных заведений, скорее всего, не позволят использовать BIM. Архитекторы, инженеры-строители и инженеры MEP указали, что эти препятствия, скорее всего, будут мешать использованию BIM на учебных практиках. Кроме того, инженеры и архитекторы MEP были двумя категориями людей, которые сообщили о большом числе специалистов, разбирающихся в BIM, в своих фирмах, что могло бы объяснить, почему они не видели этого препятствия.

## **Процесс BIM.**

Инженеры и прорабы посчитали, что нарушение рабочего процесса, которое может произойти в результате внедрения новых процессов на основе BIM, скорее всего, будет препятствовать внедрению BIM в проекты образовательных учреждений. Кроме того, прорабы были единственной категорией людей, которая считала, что отсутствие совместимости программного обеспечения, скорее всего, будет препятствовать использованию BIM. Напротив, ни одна из категорий людей не указала на то, что уязвимость или безопасность обмена файлами, вероятно, помешают внедрению BIM в проектах образовательных учреждений.

## **Юридические препятствия.**

Отвечая на вопрос о юридических аспектах, связанных с потенциальными препятствиями на пути использования BIM в проектах образовательных учреждений, инженеры и прорабы заявили, что отсутствие стандартов BIM, скорее всего, будет препятствовать внедрению BIM. Респонденты из

большинства опрошенных дисциплин считали, что отсутствие приоритета, установленных законов и правил об использовании BIM, скорее всего, не позволит реализации BIM. Только прорабы указали, что юридические обязательства процесса BIM, скорее всего, будут препятствовать использованию BIM.

Таким образом, прорабы столкнулись как с преимуществами BIM, так и с большим количеством недостатков. Напротив, архитекторы и инженеры MEP не соглашались или были нейтральны в отношении всех перечисленных недостатков, а это означает, что они не поняли, что эти препятствия не позволят им использовать BIM в своей практике.

Участникам опроса также задали вопрос о том, имеют ли они какие-либо споры, связанные с внедрением BIM в проекты учебных заведений. Большинство респондентов указали, что их компании не сталкивались с спорами при использовании BIM (Таблица 12). Из тех респондентов, которые заявили, что использование BIM привело к определенным спорам, наиболее часто упоминаемая причина этих споров связана с ответственностью за разработку системы. Вторая причина споров связана с правами интеллектуальной собственности на информационную модель здания; все категории, за исключением проектировщиков инженерных сетей, указали, что это является проблемой при использовании BIM. Один архитектор указал, что у их фирмы были споры, связанные с соответствующей компенсацией за услуги BIM, в то время как другой архитектор заявил, что споры, связанные с BIM, имеют место потому, что другие дисциплины не используют BIM. Один инженер-конструктор указал, что споры возникают из-за различных уровней точности модели. Обратите внимание, что при ответе на этот вопрос респондентам было предложено «выбрать все подходящие варианты».

### **Сравнение текущих результатов и предыдущих исследований**

Для того чтобы ответить на вопрос исследования о том, как использование BIM отличается от других проектов (например, коммерческих зданий), а также для определения вклада нашего исследования, авторы провели

сравнение результатов этого исследования и предыдущих исследований. Обратите внимание, что наши исследования были сосредоточены на использовании BIM в проектах образовательных учреждений и что предыдущих исследований по этой теме очень мало. Поэтому мы расширили поиск литературы по использованию BIM в целом, то есть, не сосредоточиваясь на конкретном типе здания.

В таблице 13 показано сравнение результатов нашего исследования и предыдущих исследований в отношении преимуществ BIM. Анализ результатов выполняется с использованием данных, представленных в таблице 10. Если большинство категорий людей в нашем исследовании либо согласны, либо полностью согласны (то есть средний балл был больше 3,50) с преимуществами BIM, указанными в таблице 10, то этот флажок был установлен для данного конкретного преимущества в таблице 13. Что касается преимуществ BIM на этапах проектирования, строительства и O&M, то наше исследование подтвердило ряд преимуществ использования BIM на проекте учебного заведения, которые были очень похожи на преимущества BIM, которые были обнаружены на, например, коммерческих зданиях и определены в ходе предыдущих исследований.

Было несколько преимуществ BIM, которые были обнаружены в предыдущих исследованиях коммерческих зданий, но не были выбраны

TABLE 11: Relationship between the role of the respondent and their perception of the obstacles preventing the use of BIM (mean/average rating score).

Obstacle category	Obstacles that prevent BIM use	Architects $N_A = 30$ (48.4%)	Site engineers $N_{SE} = 4$ (6.5%)	Structural engineers $N_{STE} = 9$ (14.5%)	MEP engineers $N_{MEPE} = 5$ (8.1%)	Contractors $N_C = 14$ (22.6%)
Cost	Cost of software and new hardware to keep up with the software	3.10	2.75	2.67	3.00	4.00
	Cost of hiring experienced staff	3.20	3.25	2.67	2.80	3.93
	Lack of substantial quantifiable benefits and evaluation methods	3.20	3.75	3.56	2.80	3.21
	Fast-paced and small-sized projects do not justify the time needed for the cost of implementing BIM	3.00	3.50	3.11	3.20	3.50
Demand	Not enough owner demand	2.90	3.25	3.30	2.20	3.43
BIM professionals	Lack of expertise and need for training	3.33	3.50	3.33	3.40	3.86
	Unclear responsibilities, assigned roles, and BIM deliverables	3.07	4.25	2.89	3.00	3.69
BIM process	Disruption in workflow to implement new BIM processes	3.21	4.25	3.44	2.40	3.79
	Vulnerability or security of file sharing	2.45	3.25	2.78	2.00	3.29
	Lack of software interoperability	3.10	4.00	3.11	2.80	3.29
Legal issues	Lack of BIM standards	3.03	3.50	3.44	2.40	3.50
	Lack of precedence, established laws, and regulations about BIM use	2.87	3.25	2.78	2.20	3.21
	Legal liabilities of the BIM process	2.97	3.75	3.22	2.40	3.07

Note. Total  $N = 62$ .

большинством участников нашего исследования. Кроме того, наше исследование не показало, что BIM был выгоден для проектов образовательных учреждений, позволяя тратить больше времени на проектирование, а не на создание документов, снижения затрат на производство и строительство, повышение безопасности строительства и поощрение специалистов за обучение. Как и в предыдущих исследованиях по коммерческим зданиям, наше исследование по проектам образовательных учреждений не показало, что BIM полезен для стимулирования использования других технологий, повышения рентабельности проектов и обеспечения долгосрочной оценки данных.

С другой стороны, наше исследование внесло свой вклад в совокупность знаний, выявив следующие четыре новых преимущества, характерных для проектов образовательных учреждений, которые не были упомянуты в предыдущем исследовании: BIM обеспечивает более быструю проверку утверждений и разрешений, облегчает модульное строительство, сокращает количество отходов на площадке и использование материалов, а также предоставление более точных данных о сборке (см. курсив в таблице 13).

TABLE 12: Relationship between the role of the respondent and the kind of disputes their companies have encountered when implementing BIM in educational facility projects\*.

Types of disputes	Architects $N_A = 25$ $n_A = 26$	Site engineers $N_{SE} = 3$ $n_{SE} = 4$	Structural engineers $N_{STE} = 10$ $n_{STE} = 12$	MEP engineers $N_{MEPE} = 5$ $n_{MEPE} = 5$	Contractors $N_C = 9$ $n_C = 9$
My company has not encountered disputes with BIM implementation	14 (56%)	3 (100%)	7 (70%)	4 (80%)	6 (67%)
Intellectual property ownership of the model or parts thereof	2 (8%)	1 (33.3%)	1 (10%)	0 (0%)	2 (22%)
Disputes regarding liability for system designs	8 (32%)	0 (0%)	3 (30%)	1 (20%)	1 (11%)
Adequate compensation for BIM work	1 (4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Lack of BIM use from other disciplines	1 (4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Level of model accuracy	0 (0%)	0 (0%)	1 (10%)	0 (0%)	0 (0%)

Note. \*Select all that apply. Percent (%) = number of selections divided by number of respondents for a specific discipline. Total  $N = 52$  and total  $n = 56$ .

В таблице 14 показано сравнение результатов нашего исследования и предыдущих исследований, касающихся препятствий, мешающих использованию BIM. Анализ результатов выполняется с использованием данных, представленных в таблице 11. Аналогично сопоставлению выгод, если большинство категорий людей в нашем исследовании полагали, что

препятствия, показанные в таблице 11, скорее всего (то есть средний балл был больше 3,00), препятствуют реализации BIM, то этот флажок был установлен для этого конкретного препятствия в таблице 14. Шесть препятствий, выявленных в ходе предыдущих исследований коммерческих зданий, были также подтверждены нашими исследованиями по использованию BIM в проектах образовательных учреждений. Было несколько препятствий для использования BIM, которые участники этого исследования не определили по образовательным проектам по сравнению с предыдущими исследованиями. К этим препятствиям относятся уязвимость или безопасность обмена файлами и отсутствие приоритета, установленные законы и правила использования BIM. Вклад нашего исследования заключается в выявлении пяти новых препятствий, которые, по мнению участников исследования, были характерны для проектов учебных заведений и которые не были упомянуты в предыдущих исследованиях коммерческих зданий. Эти препятствия связаны с затратами на найм опытного персонала, быстро развивающимися и небольшими проектами, не оправдывающими затрат времени для осуществления модели BIM, недостаточным спросом заказчиков, нарушением рабочего процесса для

внедрения новых процессов BIM и отсутствием стандартов BIM (см. курсив в таблице 14).

TABLE 13: Comparison of current findings and previous research: benefits of BIM use.

Project phase	BIM benefits	Current findings: BIM use on educational buildings	Previous research: BIM use on general type of the buildings
Design phase	Evaluates the impact of different design solutions	✓	Bynum et al. [57]
	Allows more time to be spent on design than on contract documentation		Cefrio [9], Korman and Lu [46]
	Lowers risk and better predicts outcomes due to discovery of errors, omissions and conflicts prior to construction	✓	U.S. General Service Administration (GSA) [43]
	Enables automation of documentation (better accuracy and accounts for adjustments and changes automatically)	✓	Bynum et al.[57]
	<i>Enables faster reviews for approvals and permits</i>	✓	
Construction phase	Reduces RFI's, change orders, claims, and conflicts	✓	Azhar [39], Ahn et al. [7], Cao et al. [44], Porwal and Hewage [59], Kraling and Dunbar [60]
	Reduces construction and production costs		Ahn et al. [7], Hamdi and Leite [45], Dodge Data and Analytics [47]
	Reduces project delivery time	✓	Ahn et al. [7], Hamdi and Leite [45], Dodge Data and Analytics, [47]
	<i>Facilitates modular construction</i>	✓	
	Increase prefabrication	✓	Ahn et al. [7], Eastman et al. [8]
	<i>Reduces on-site waste and materials use</i>	✓	
Both design and construction phases	Improves construction safety		Ahn et al. [7], Ganbat et al. [51]
	Increases client engagement and provides clearer understanding of 3D visualizations	✓	McGraw Hill Construction [42], Ganbat et al. [51], Arayici et al. [63], Azhar [39]
	Increases productivity and efficiency	✓	Cefrio [9], Chelson [53], Poirier et al. [54], Barlish and Sullivan [55], Nath et al. [56]
	Encourages consideration for sustainable building systems that conserve energy		Bynum et al. [57]
	Serves as a new marketing tool for firms	✓	Ahn et al. [7], Bernstein [61]
Both construction and O&M phases	Encourages use of other technologies (GIS, unity, etc.)		
	<i>Provides more accurate as-built deliverables</i>	✓	
All project phases	Improves collaboration and communication between disciplines due to more reliable and direct data exchange from a single resource of information	✓	Bynum et al. [57], Eastman et al. [8]
	Increase project profitability		
	Allow for long term data assessment		

## Выводы

В рамках этого исследования изучалось использование BIM промышленностью АПС в образовательных проектах в США. Целью было определить представления специалистов по проектированию и строительству о внедрении BIM компаниями, внедрении BIM в проектах, преимуществах и недостатках использования BIM, мешающие его внедрению. Опрос был направлен членам профессиональных организаций, таких как AIA, AGC, ABC

и ASCE в США. В опросе приняли участие архитекторы, инженеры-проектировщики, инженеры-конструкторы, инженеры-технологии и подрядчики. Результаты опроса показали следующее:

### **Большинство опрошенных используют BIM.**

По мнению специалистов из всех пяти дисциплин, использование BIM было распространено на проекты учебных заведений. Большинство опрошенных, которые не использовали BIM, были бы заинтересованы в реализации BIM в будущем, за исключением архитекторов, которые не проявили интереса к использованию BIM. Инженеры MEP, инженеры-проектировщики и архитекторы заявили, что около половины сотрудников их компаний разбираются в BIM, в то время как инженеры-конструкторы и подрядчики пришли из компаний с меньшей долей сотрудников, обладающих знаниями BIM. Большинство дизайнеров воспринимали заказчиков как движущую силу для реализации BIM, что является важным фактором в случае образовательных проектов, в которых вклад клиентов (например, студентов, преподавателей и директоров) имеет решающее значение на этапе проектирования.

TABLE 14: Comparison of current findings and previous research: obstacles to BIM use.

Obstacle category	Obstacles that prevent BIM use	Current findings: BIM use on educational buildings	Previous research: BIM use on general type of the buildings
Cost	Cost of software and new hardware to keep up with the software	✓	Lee et al. [3], Gheisari and Irizarry [4], Ahn et al. [7], Won et al. [22], Ganbat et al. [51], Samuelson and Björk [52]
	<i>Cost of hiring experienced staff</i>	✓	
	Lack of substantial quantifiable benefits and evaluation methods	✓	Won et al. [22], Smith [65]
	<i>Fast-paced and small-sized projects do not justify the time needed for the cost of implementing BIM</i>	✓	
Demand	<i>Not enough owner demand</i>	✓	
BIM professionals	Lack of expertise and need for training	✓	Lu et al. [1], Gheisari and Irizarry [4], Ahn et al. [7], Won et al. [22], Ganbat et al. [51], Samuelson and Björk [52], Lee et al. [3], Cefrio [9], Gu and London [23]
	Unclear responsibilities, assigned roles, and BIM deliverables	✓	Lee et al. [3], Gu and London [23], Hamdi and Leite [45]
BIM process	<i>Disruption in workflow to implement new BIM processes</i>	✓	
	Vulnerability or security of file sharing		Won et al. [22], Ganbat et al. [51]
	Lack of software interoperability	✓	Gheisari and Irizarry [4], Miettinen and Paavola [25], Ganbat et al. [51], Cao et al. [44], Hamdi and Leite [45]
Legal issues	<i>Lack of BIM standards</i>	✓	
	Lack of precedence, established laws, and regulations about BIM use		Hamdi and Leite [45]
	Legal liabilities of the BIM process	✓	Lee et al. [3], Ahn et al. [7], Eastman et al. [8]

**Основными преимуществами BIM в проектах образовательных учреждений по всем пяти категориям опрошенных людей являются 3D визуализация, автоматизация документации и обнаружение пересечений элементов в модели.**

Автоматизация документирования и обнаружение пересечений элементов в модели. Как и ожидалось, основные преимущества BIM для каждой категории людей были основаны на объеме их работы. Например, конструкторы и прорабы использовали BIM для конструктивного анализа, инженеры MEP для анализа инженерных сетей MEP, а подрядчики использовали BIM для обнаружения ошибок в большинстве проектов учебных заведений.

**Совместный обмен знаниями на основе BIM между различными заинтересованными сторонами проекта определяется этапом проекта образовательного учреждения и объемом работ.**

ВІМ как процесс требует совместного рабочего процесса. Как и ожидалось, из-за этого процесса и объему по каждой категории работ, значительное большинство инженеров и большая часть подрядчиков делились информацией в основном с архитекторами. Проектировщики и подрядчики также поделились информацией с заказчиками, указав, что ВІМ создает совместную и инклюзивную среду для образовательных проектов, которая также интегрирует клиентов в процесс.

### **Использование ВІМ выгодно на всех этапах реализации проектов образовательного учреждения.**

Архитекторы и прорабы полагали, что использование ВІМ обеспечивает ценность на этапе проектирования проекта, в то время как инженеры-строители и подрядчики видели преимущества использования ВІМ как на этапе проектирования, так и на этапе строительства проектов. Инженеры МЕР полагали, что использование ВІМ практически одинаково ценно на всех этапах проекта. Все опрошенные согласились с тем, что использование ВІМ в качестве нового маркетингового инструмента и использование 3D-моделей для более четкой визуализации и понимания проектов клиентами являются наиболее важными преимуществами ВІМ. С точки зрения других потенциальных выгод эти представления варьировались между участниками в зависимости от их профессионального опыта работы. Например, архитекторы указали, что ВІМ помогает им в оценке различных вариантов проектирования и сокращении количества ошибок и пропусков на ранних этапах проекта, в то время как подрядчики высоко оценили использование ВІМ для повышения производительности и эффективности, а также сокращения затрат и продолжительности строительства объектов.

**Что касается конкретных недостатков, которые могут помешать использованию ВІМ в проектах образовательных учреждений, то большинство опрошенных отметили всего несколько недостатков по сравнению с преимуществами ВІМ.**

Архитекторы, прорабы и инженеры МЕР полагали, что проблемы с небольшим количеством людей знающих ВІМ, будут препятствовать

использованию BIM, в то время как для подрядчиков именно стоимость внедрения BIM была основным препятствием для использования BIM. По словам инженеров-конструкторов, отсутствие существенных преимуществ и методов оценки, скорее всего, будет препятствовать использованию BIM. Что касается правовых споров, связанных с использованием BIM, то большинство респондентов заявили, что их компании не сталкивались с спорами, связанными с внедрением BIM.

**Сравнение результатов нашего исследования, сфокусированного на проектах образовательных объектов, и предыдущих исследований, в которых исследовались все типы строительных проектов, показало, что большинство наших результатов относительно преимуществ BIM и препятствий для использования BIM соответствуют результатам предыдущих исследований, в которых исследовались все типы зданий.**

Однако в ходе исследования были выявлены четыре новых преимущества (например, BIM обеспечивает более быстрые проверки для получения разрешений на строительство, упрощает модульную конструкцию, сокращает количество отходов и использование материалов на объекте, и обеспечивает более точную сборку, а также пять новых недостатков (например, стоимость найма опытного персонала, быстрые и небольшие проекты, не оправдывающие использование BIM, недостаточный спрос заказчиков, нарушение рабочего процесса для внедрения новых процессов BIM и отсутствие стандартов BIM). Эти факторы характерны для проектов образовательных учреждений, и их открытие представляет собой один из основных вкладов нашего исследования.

Вклад этого исследования заключается в восполнении пробелов в литературе, связанной с использованием BIM специально для проектов образовательных учреждений. Исследование показало, что BIM широко используется в образовательных проектах, возможных приложениях и как BIM может улучшить совместный обмен знаниями между архитекторами, инженерами, подрядчиками и клиентами, что приводит к повышению качества

зданий. Результаты исследования могут быть использованы компаниями АПС в их усилиях по внедрению ВІМ в проекты образовательных учреждений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения научно-исследовательской работы были выполнены основные задачи, поставленные на начальных этапах работы:

1) проанализирован ранее изученный исследовательский опыт сторонних источников с целью выявления текущего положения дел в сфере информационного моделирования зданий как в России, так и за рубежом;

2) в программном комплексе Revit была создана многофакторная информационная модель, служащая площадкой дальнейших действий для адаптации ее к нуждам эксплуатации;

3) выполнен анализ данных получившихся в результате автоматического и ручного расчета.

По итогам достижения поставленной цели, можно судить о целесообразности применения подобной технологии в современных реалиях строительной отрасли. Подобная технология, несомненно, найдет достойное применение в работе проектных организаций.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Чегодаева, М.А. Функциональность информационной модели на этапах проектирования, строительства и эксплуатации [Электронный ресурс] / М.А. Чегодаева // Молодой ученый. – 2016. – №25. – С. 102-105. – URL: <https://moluch.ru/archive/129/35716/> (дата обращения: 23.05.2018).
- 2 Скворцов, А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры [Текст] / А.В. Скворцов // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2015. – №1 (4). – С. 16-23.
- 3 Al-Khateeb, T. History of BIM [Electronic resource] / T. Al-Khateeb // Cycle of author's publications about building information modeling. – 2015. – URL: <https://thebimhub.com/2015/02/18/history-of-bim/#.WwMyskiFPIW> (accessed: 20.03.2016).
- 4 Чегодаева, М.А. Этапы формирования и перспективы развития BIM-технологий [Электронный ресурс] / М.А. Чегодаева // Молодой ученый. – 2017. – №10. – С. 105-108. – URL: <https://moluch.ru/archive/144/40481/> (дата обращения: 23.05.2018).
- 5 Петрова, Е.А. Предшественники BIM. История проектирования зданий [Электронный ресурс] / Е.А. Петрова // Цикл авторских публикаций. – 2014. – URL: <http://bim-proektstroy.ru/?p=57> (дата обращения: 08.03.2016).
- 6 Откуда взялся BIM: История виртуальной архитектуры [Электронный ресурс]. – URL: <http://archspeech.com/article/otkuda-vzyalsyabim-istoriya-virtual-noy-arhitektury> (дата обращения: 08.03.2017).
- 7 Талапов, В.В. Внедрение BIM в России: куда оно пойдет? [Электронный ресурс] / В.В. Талапов // Цикл авторских публикаций об информационном моделировании зданий. – 2015. – URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=17535](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17535) (дата обращения: 19.12.2016). 71
- 8 Талапов, В.В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий [Текст] / В.В. Талапов. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.: ил. – Библиогр.: с. 46-60. – ISBN 978-5-94074-692-8.

- 9 Talapov, V.V. What's going on with BIM in Russia [Electronic resource] / V.V. Talapov // Cycle of author's publications about building information modeling. – 2014. – URL: [http://isicad.net/articles.php?article\\_num=17210](http://isicad.net/articles.php?article_num=17210) (accessed: 08.03.2016).
- 10 Утверждены новые своды правил по BIM [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.minstroyrf.ru/press/utverzhdeny-novye-svody-pravil-pobim/> (дата обращения: 08.03.2017).
- 11 Чегодаева, М.А. Информационная модель как основа современных проектных решений [Электронный ресурс] / М.А. Чегодаева // Молодой ученый. – 2017. – №10. – С. 108-111. – URL: <https://moluch.ru/archive/144/40482/> (дата обращения: 23.05.2018).
- 12 Стадии проектирования зданий и сооружений [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ingenieria.ru/uslugi/arch-pro/stadiiproektir> (дата обращения: 09.03.2017).
- 13 ГОСТ Р 21.1101-2013. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации [Электронный ресурс]. – Введ. 2013-06-10. – URL: <http://protect.gost.ru/document1.aspx?control=31&baseC=6&page=0&month=1&year=-1&search=%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2%20%D0%A0%2021.1101-2013&id=184474> (дата обращения: 20.03.2018).
- 14 Информационное моделирование зданий (BIM) [Электронный ресурс]. – URL: <http://kbvips.ru/technology/informacionnoe-modelirovaniezdanij-bim> (дата обращения: 09.03.2017).
- 15 Талапов, В.В. AURu 2013: Внедрение BIM в проектную практику: десять тезисов для руководителей [Электронный ресурс] / В.В. Талапов // 72 Цикл авторских публикаций об информационном моделировании зданий. — 2013. – URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=16417](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16417) (дата обращения: 08.03.2016).
- 16 Чегодаева, М.А. Преимущества информационного моделирования здания на стадии выполнения строительного-монтажных работ [Текст] / М.А. Чегодаева, Д.С. Тошин // Научное обозрение. – 2017. – №22. – С. 11-15.

- 17 Талапов, В.В. Технология BIM: Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий [Текст]: / В.В. Талапов. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 410 с.:цв. ил. – Библиогр.: с. 135-139. – ISBN 978–5–97060–291–1
- 18 Сизенко, С.А. Современные информационные технологии в работе службы заказчика (технического заказчика) [Текст] / С.А. Сизенко, Т.К. Кузьмина // Научное обозрение. – 2015. – №18. – С. 156-159.
- 19 Талапов, В.В. Технология BIM: расходы на внедрение и доходы от использования [Электронный ресурс] / В.В. Талапов // Цикл авторских публикаций об информационном моделировании зданий. — 2014. – URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=16748](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16748) (дата обращения: 17.09.2017).
- 20 Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства [Электронный ресурс]. – URL: [https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/metro/im\\_g/bim\\_brochure.pdf](https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/metro/im_g/bim_brochure.pdf) (дата обращения: 18.09.2017).
- 21 Яценко, А.А. Имитационно-информационная модель при оценке эффективности строительных инновационных процессов [Текст] / А.А. Яценко, Т.И. Слепакова // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – №10-1. – С. 56-59.
- 22 Мариненков, Д.В. Информационное моделирование для управления жизненным циклом объекта с помощью технологий Intergraph [Электронный ресурс] / Д.В. Мариненков // Цикл авторских публикаций. – 73 2015. – URL: [http://neolant.ru/presscenter/aboutus/index.php?ELEMENT\\_ID=2476](http://neolant.ru/presscenter/aboutus/index.php?ELEMENT_ID=2476) (дата обращения: 14.09.2017).
- 23 Eastman, C. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors [Text] / C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston. – 2nd Edition. – Wiley & Sons, Inc., 2011. – 648 pages. – ISBN: 978-0-470-54137-1.
- 24 Чегодаева, М.А. Информационная модель как средство повышения качества эксплуатации объекта [Электронный ресурс] / М.А. Чегодаева,

- Д.С. Тошин // Наука и образование: новое время. – 2017. – №6 (23). – С. 32-38. – URL: <https://articulus-info.ru/category/05-00-00-tehnicheskie-nauki/?tag=6-noyabr-dekabr-2017-g> (дата обращения: 04.02.2018)
- 25 Гришина, Н.В. Эксплуатируй это: о пользе BIM на этапе эксплуатации [Электронный ресурс] / Н.В. Гришина // Цикл авторских публикаций об информационном моделировании зданий. – 2017. – URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=19458#comment-3563575921](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=19458#comment-3563575921) (дата обращения: 15.10.2017)
- 26 Эксплуатация зданий с применением BIM-моделей [Электронный ресурс]. – URL: <http://bimconsult.ru/services/ekspluatatsiya-zdaniy-sprimeneniem-bim-modelej.html> (дата обращения: 14.10.2017)
- 27 Талапов, В.В. Применение BIM к существующим зданиям [Электронный ресурс] / В.В. Талапов // Цикл авторских публикаций об информационном моделировании зданий. – 2010. – URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=14159](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14159) (дата обращения: 15.10.2017)
- 28 O’Connell, K. Will Russia Become the North Star of BIM Technology? [Electronic resource] / K. O’Connell // Cycle of author’s publications. – 2016. – URL: <https://www.autodesk.com/redshift/bimtechnology/> (accessed: 14.10.2017). 74
- 29 Mobile facilities asset management software [Electronic resource]. – URL: <https://www.autodesk.com/products/bim-360-ops/overview> (accessed: 10.05.2018)
- 30 Чегодаева, М.А. Трудности внедрения и развития BIM-технологий в России [Электронный ресурс] / М.А. Чегодаева // Молодой ученый. – 2017. – №29. – С. 29-32. – URL: <https://moluch.ru/archive/163/45194/> (дата обращения: 23.05.2018).