

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно-строительный институт

(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленное, гражданское строительство и городское хозяйство»

(наименование кафедры)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Техническая эксплуатация и реконструкция зданий и сооружений»

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Оптимизация технической эксплуатации здания на основе его
информационной модели

Студент

М.А. Чегодаева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

Д.С. Тошин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программы

д.т.н., доцент, В.А. Ерышев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« » 20 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой ПГСигХ

к.т.н., доцент, Д.С. Тошин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« » 20 г.

Тольятти 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1 Историческая оценка становления и развития технологий информационного моделирования	7
1.1 Целесообразность изучаемого вопроса	7
1.2 Building Information Modeling как ведущая система автоматизированного проектирования	7
1.3 Первые шаги в развитии BIM-технологий	8
1.4 Российский опыт в вопросах информационного моделирования	18
Глава 2 Разработка информационной модели многоквартирного жилого дома	27
2.1 Информационная модель как неотъемлемый элемент современного проектирования.....	27
2.2 Дальнейшее применение проектной информационной модели ..	34
2.3 Создание информационной модели для последующей адаптации к нуждам эксплуатации	39
Глава 3 Информационная модель как средство повышения качества эксплуатации объекта	49
3.1 BIM-модель на стадии эксплуатации. Общие положения.....	49
3.2 Создание автоматизированной системы эксплуатации жилого многоквартирного дома.....	54
3.2.1 Первичная система эксплуатации	54
3.2.2 Автоматизированная система эксплуатации.....	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	70

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время активно развиваются средства автоматизированного проектирования (САПР), что не может не сказываться на эффективности и разнообразии реализации строительных процессов. Среди широкой гаммы представленных вариаций САПР особое место сейчас занимает продвижение интеллектуального, а точнее информационного проектирования. BIM (с английского Building Information Modeling), а именно информационное моделирование зданий обладает рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с устоявшейся системой CAD (с английского Computer-Aided Design). Также BIM-технологии обладают внушительной функциональностью, так как их применение целесообразно не только на стадии проектирования, но и на стадиях строительства и эксплуатации зданий и сооружений [1].

В Российской Федерации существенный всплеск интереса к технологиям информационного моделирования связан с вынесением вопроса применения BIM на государственный уровень. 29 декабря 2014 года глава Минстроя М.А. Минь подписал приказ «Об утверждении плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства» [2]. 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.

Если с точки зрения проектирования и строительства роль информационной модели определена и понятна, то функциональность BIM-модели на стадии эксплуатации по сей день остается вопросом, решаемым в узких кругах, что, несомненно, является упущением, так как ее потенциал действительно велик.

Вышеизложенное поясняет актуальность выбранной темы – «Оптимизация технической эксплуатации здания на основе информационной модели».

Цель и задачи магистерской диссертации

Цель научно-исследовательской работы заключается в разработке автоматизированной методики управления многоквартирного жилого дома на основе BIM-модели.

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

- анализ практического и теоретического опыта в области информационного моделирования на различных стадиях строительного производства;
- разработка многофакторной информационной модели жилого многоквартирного дома;

- определение перечня эксплуатационных характеристик здания, служащих основой для дальнейшего контроля полученных выводов;
- проектирование системы автоматизированной эксплуатации объекта, получение соответствующих выводов.

Объектом исследования служит информационная модель многоквартирного жилого дома.

Предмет исследования – применимость информационной модели для оптимизации процессов технической эксплуатации.

Научная новизна исследовательской работы

В работе планируется разработать алгоритм операций по организации технического обслуживания на объектах массовой застройки, адаптированный для различных ситуаций, а именно блок-схему функциональных процессов, увязанных в режиме реального времени с базой данных информационной модели. В дальнейшем, полученные результаты могут быть использованы в качестве базовой методики для организации слаженного функционирования эксплуатационных процессов.

Методы проведения исследования

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

Теоретическая, научная и практическая значимость исследования

Проведенная исследовательская работа позволяет выявить преимущества использования информационного моделирования зданий для стадии эксплуатации объекта, разработанная базовая методика организации функциональных процессов может способствовать

усовершенствованию устоявшейся системы эксплуатации жилищного фонда страны.

Апробация результатов исследования

Последовательность выполнения научно-исследовательской работы, а также основные понятия и определения отражены в семи публикациях, в том числе индексируемых в РИНЦ и ВАК. В то же время промежуточные итоги исследования успешно докладывались на различных этапах научно-практической конференции «Студенческие дни науки в ТГУ» и на конкурсе студенческих проектов на финансирование 2017 года.

Структура и объем магистерской диссертации

Магистерская диссертация включает в себя введение, три главы, заключение, а также список используемых литературных источников. Работа состоит из 74 страниц машинопечатного текста, 48 рисунков и 2 таблиц.

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 вызывала 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 Первые шаги 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 CAD. 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.

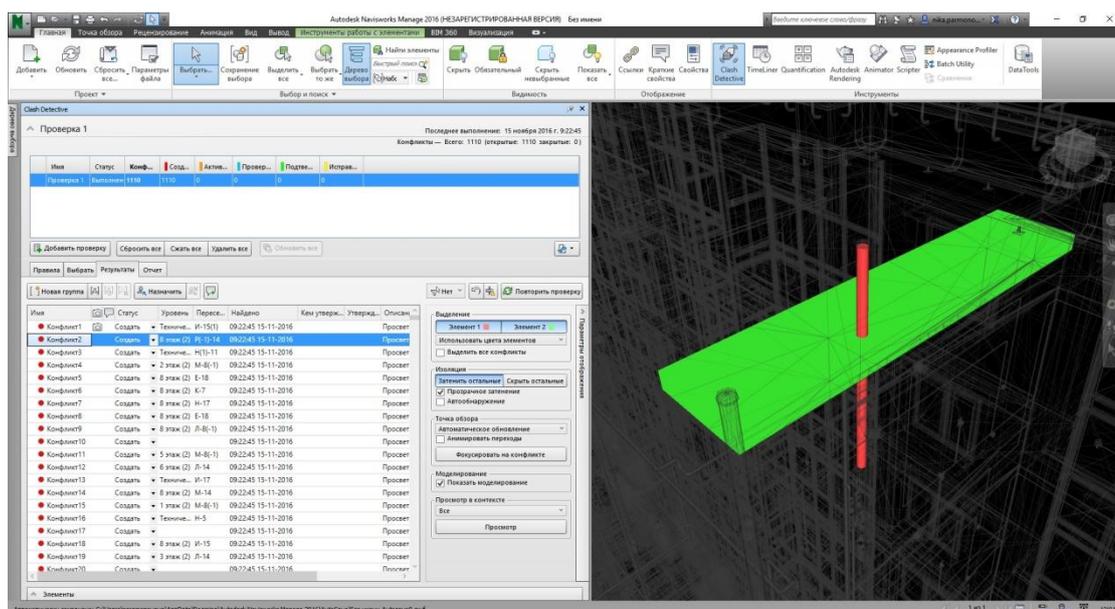


Рисунок 3 – Визуальное представление пересечения элемента канализации и сборного перекрытия в программе Navisworks

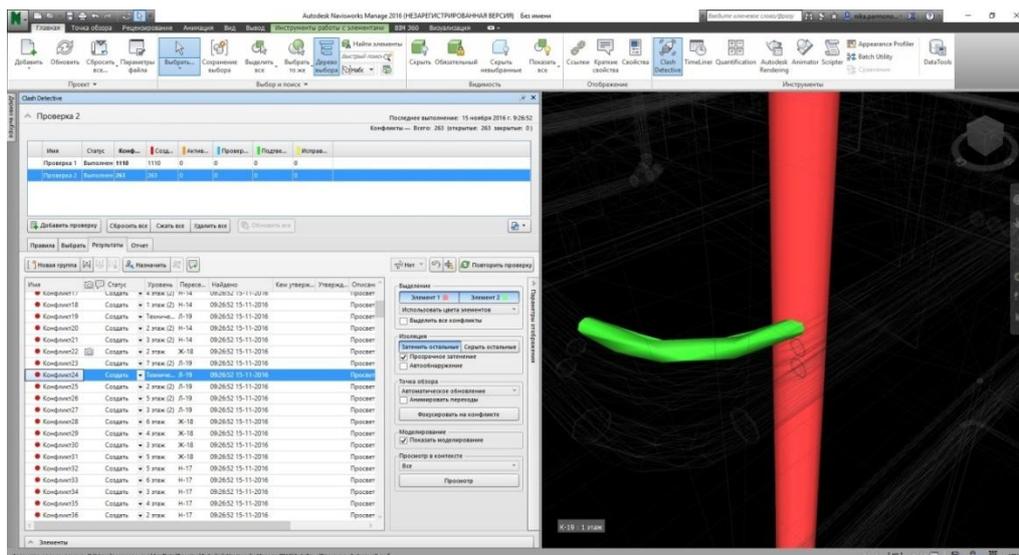


Рисунок 4 – Визуальное представление пересечения электрического лотка и трубопровода в программе Navisworks

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.

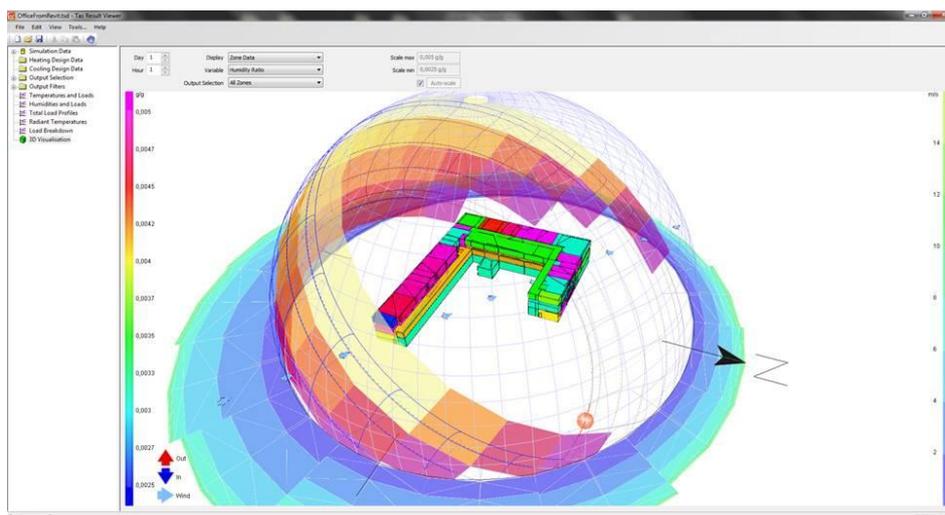


Рисунок 5 – Солнечная 3D-диаграмма, реализованная на основе BIM-модели

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.

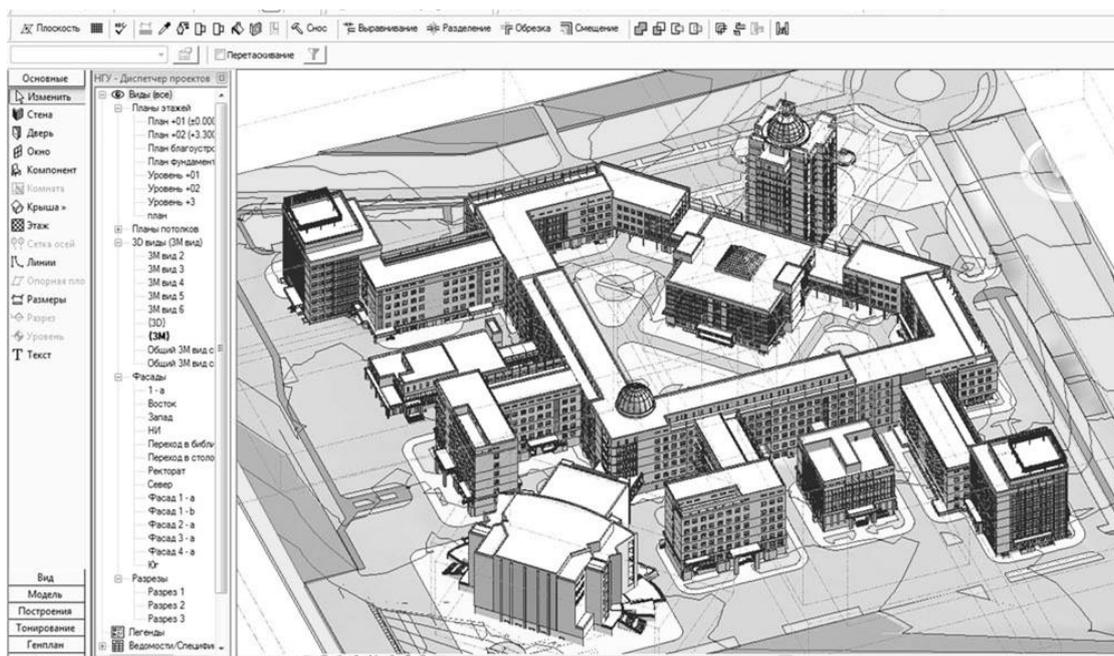


Рисунок 6 – Модель ГК НГУ, выполненная в 2008 году

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, посвященном 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 Минь 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 <u>29 декабря</u> 2014 г. № <u>926/пр</u>			
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

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

- внести изменения в действующие нормативные документы ;
- разработать новые нормативно-правовые документы, регламентирующие применяемость 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 ВІМ-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 ВІМ-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 многоквартирного жилого дома

2.1 Информационная модель как неотъемлемый элемент современного проектирования

Как было сказано ранее, объектом исследования является информационная модель многоквартирного жилого дома. В основе разрабатываемой модели лежит проектная документация, выполненная в классическом варианте – разработанная в программном комплексе AutoCAD и прошедшая негосударственную экспертизу объектов строительства, следовательно все проектные решения, которые переносятся в среду информационного моделирования, прошли соответствующую проверку.

В ту же очередь необходимо отметить, что данный вариант является не самым предпочтительным из возможных, так как изначальное проектирование объекта в среде BIM-технологий имеет огромное количество преимуществ [11].

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. Визуальное представление обоих форматов проектирования можно наблюдать на рисунке 11.



Рисунок 11 – Сравнение 2D и 3D представлений одного и того же объекта

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]

№ раздела	Наименование	Шифр
1	Пояснительная записка	ПЗ
2	Схема планировочной организации земельного участка	ПЗУ
3	Архитектурные решения	АР
4	Конструктивные решения	КР
5	Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений	ИОС
6	Проект организации строительства	ПОС
7	Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства	ПОД
8	Перечень мероприятий по охране окружающей среды	ООС
9	Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности	ПБ
10	Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов	ОДИ
10'	Требования к обеспечению безопасной эксплуатации объекта капитального строительства	ТБЭ
11	Смета на строительство объектов	СМ
11'	Мероприятия по обеспечению энергоэффективности зданий	ЭЭ
12	Иная документация	

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.

Более наглядно принцип совместной работы демонстрирует рисунок 12.



Рисунок 12 – Принцип совместной работы в информационной модели

Единая информационная модель – это бесконечное хранилище различных вариаций ПД. Разрезы, фасады, детализированные 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;

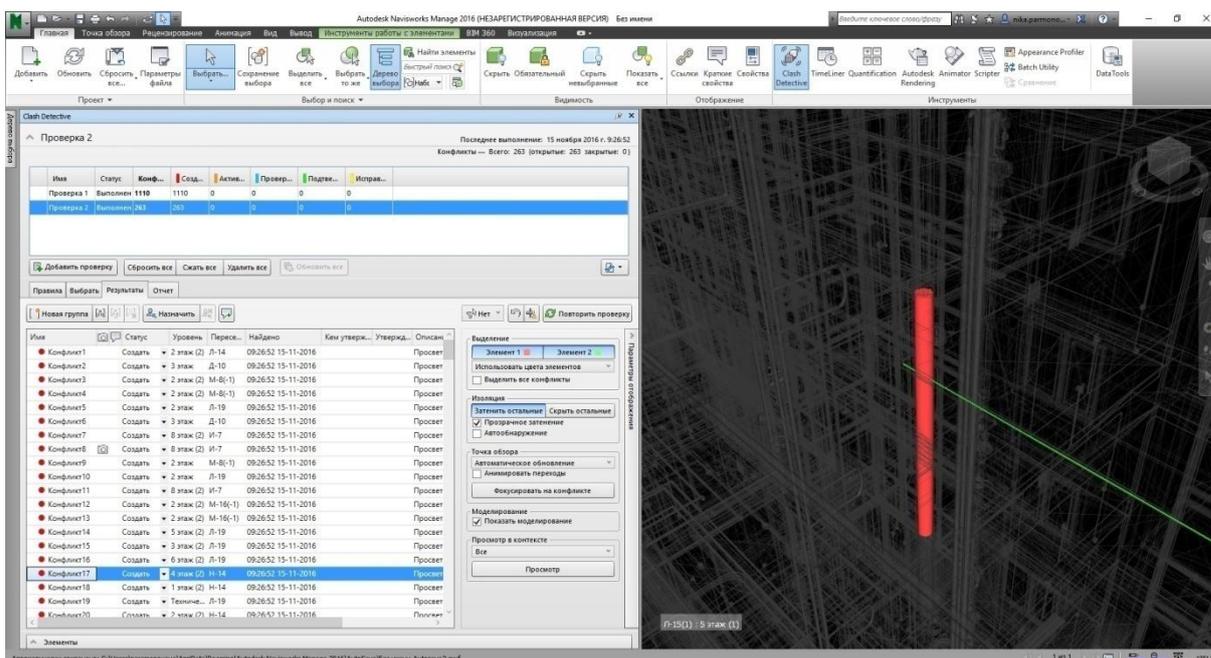


Рисунок 13 – Конфликт разделов ВК и ЭС.

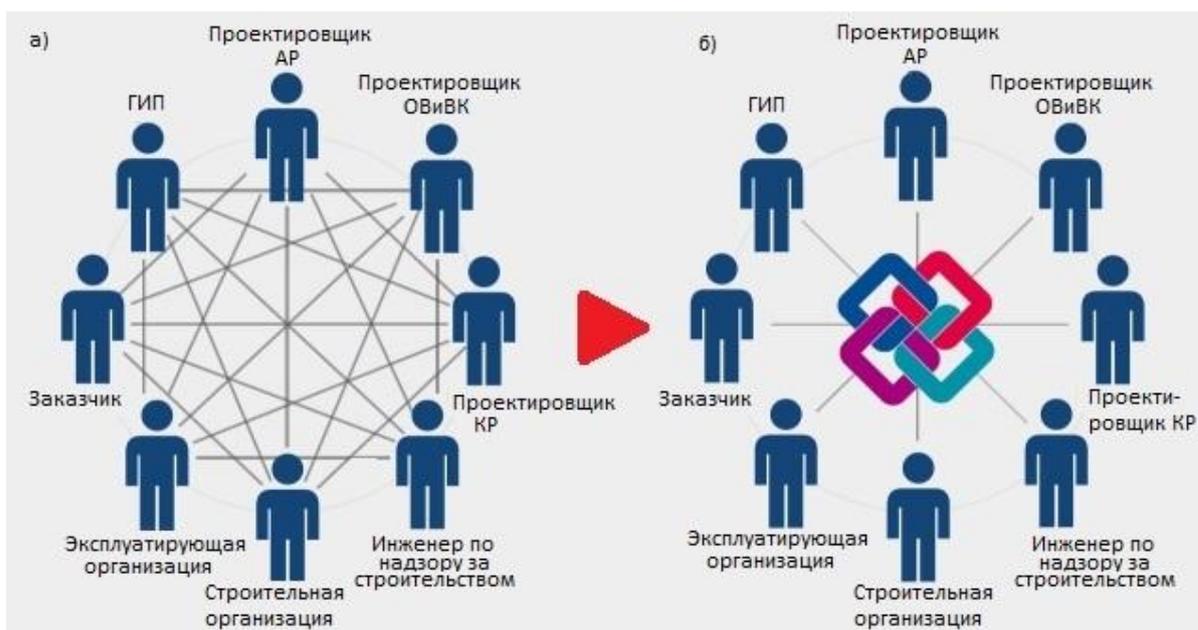
- двухмерное и трехмерное варианты представления чертежей;
- обширная индивидуализация проекта;
- вариативность проекта, ввиду быстрого внесения возможных изменений;
- создание документации (ведомости, спецификации и т.п.) в автоматическом режиме в соответствии с требованиями ГОСТ [14].

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

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

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.

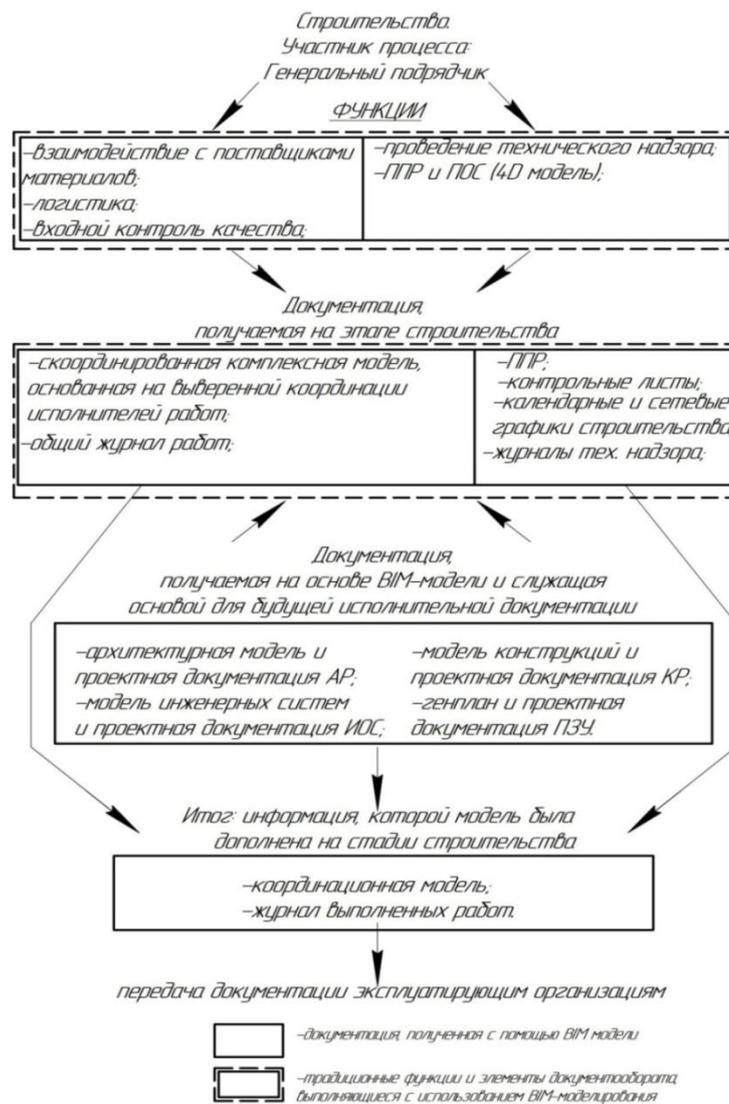


Рисунок 15 – Традиционные задачи, решаемые с помощью информационной модели

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.

Более подробное изучение современного рынка технологических решений в сфере информационного моделирования показывает, что процесс оптимизации традиционных решений находится в постоянном развитии. Продуктом оптимизации таких решений являются разработки групп компаний, так, например, особого внимания заслуживают программные комплексы, направленные на планирование и контроль хода строительных работ. Одними из наиболее интересных технологий, реализующихся на базе подобных систем, являются:

- 1) Лазерное сканирование – технология, которая направлена на актуализацию модели. Изменения, возникающие на строительной площадке, необходимо вносить в информационную модель, разработанную на стадии проектирования, т.к. непосредственно итоговая (фактическая) модель будет использоваться для последующей эксплуатации объекта капитального строительства. Технология лазерного сканирования позволяет выявить существующие коллизии (неточности), а также помогает внести изменения в исходную модель, т.к. при наложении фактического облака точек выявляются очевидные отклонения. Актуальная информация представляется доступной в графическом, визуальном и числовом видах [26, 19].

2) Сферические панорамы – это фотореалистичное представление объекта, состоящее из огромного количества отдельных широкоугольных кадров окружающей действительности [26]. Подобная технология способствует решению множества задач:

- процесс строительства контролируется в течение любого произвольного промежутка времени;
- актуализация проектной модели;
- в случае работы нескольких организаций над аналогичными объектами, оперативно выявляются преимущества и недочеты;
- обеспечение удобства авторского надзора.

Комплексное использование одного или нескольких программных комплексов от различных разработчиков, а также информации, заложенной на стадии проектирования, позволяет реализовывать преимущества BIM в значительной степени. Большинство ощутимых изменений, связанных с коллизиями, вносятся в проект на стадии проектирования, несвоевременное исправление подобных недочетов в дальнейшем может привести к существенным финансовым убыткам. Несмотря на это, применение информационного моделирования даже на стадии строительства способно сделать процесс реализации проекта экономически выгодным.

Схема, отображенная на рисунке 16, наглядно показывает, что минимизация необоснованных финансовых трат является одной из важнейших задач информационного моделирования, решение которой охватывает все стадии строительного производства.

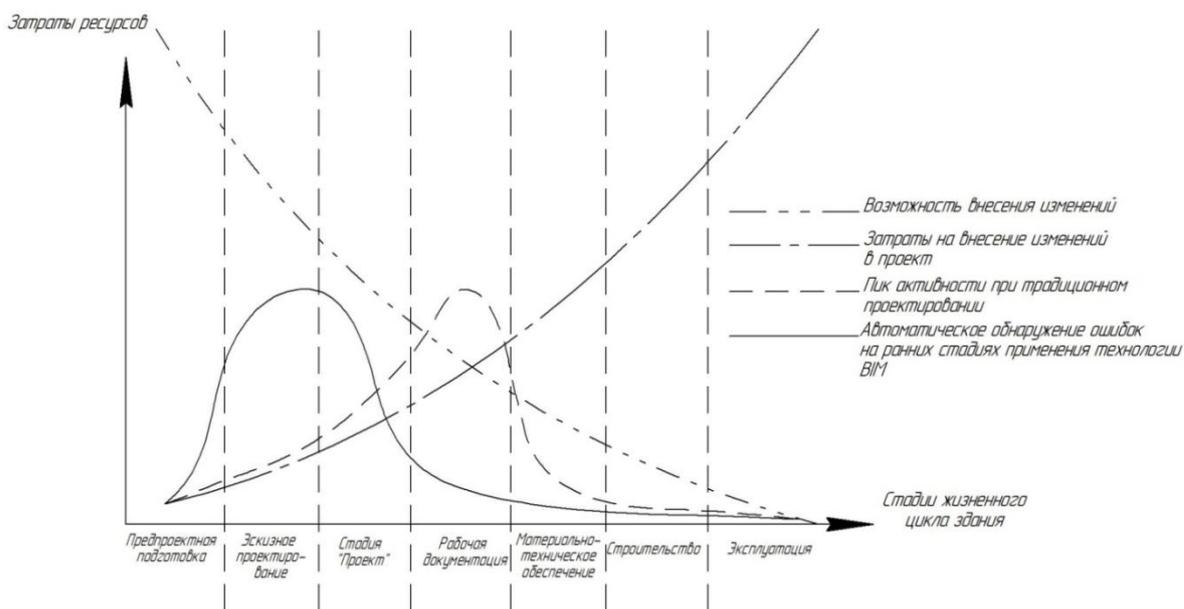


Рисунок 16 – Распределение ресурсов на основных стадиях жизненного цикла здания

Время обнаружения коллизии прямо пропорционально стоимости ее исправления в дальнейшем, т.о. технологии BIM можно трактовать как наиболее эффективные мероприятия, направленные на уменьшение затрат по реализации объекта.

2.3 Создание информационной модели для последующей адаптации к нуждам эксплуатации

В качестве объекта принимается многоквартирный восьмиэтажный жилой дом. Информационная модель создается по имеющейся проектной документации, выполненной в стандартных средствах автоматизированного проектирования. Разработка модели ведется в нескольких смежных разделах различными проектировщиками, BIM-модель затрагивает следующие разделы проектной документации: АР (Архитектурные решения), КР (Конструктивные решения), ИОС в части подразделов «Система электроснабжения», «Система водоснабжения и водоотведения», «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети».

После подробного изучения имеющихся исходных данных, а именно начальной проектной документации и определения объемов выполняемых работ разрабатывается техническое задание, одним из важнейших пунктов является указание уровня детализации того или иного раздела проекта.

Различают уровни проработки (LOD) от LOD100 до LOD500, представленные на рисунке 17, уровни детализации связаны непосредственно с предполагаемыми функциональными особенностями будущей модели, ее назначения, а также от стадии документации, так как рабочая документация требует наиболее высокого уровня проработки. В качестве основного LOD в данной работе был выбран LOD300 для каждого из разделов проекта, как наиболее приемлемый для будущей адаптации к нуждам эксплуатации.

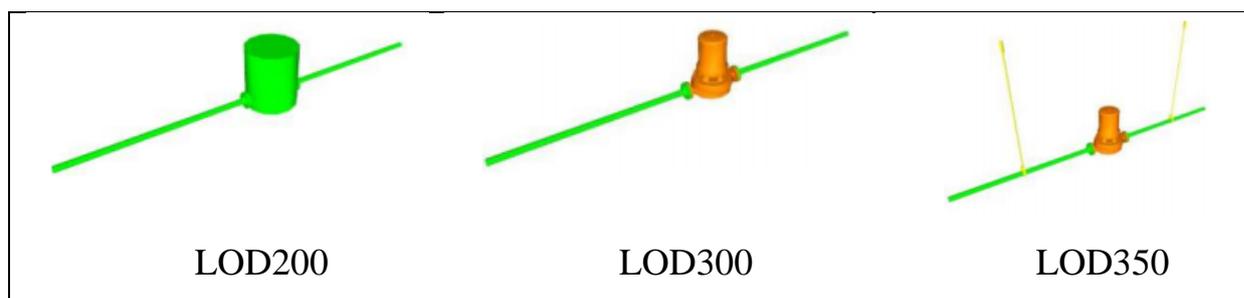


Рисунок 17 – Уровни проработки элементов модели на примере оборудования системы ВК

Информационная модель воссоздается в нескольких связанных файлах, основой для которых служит архитектурная модель, наблюдать которую можно на рисунке 18.

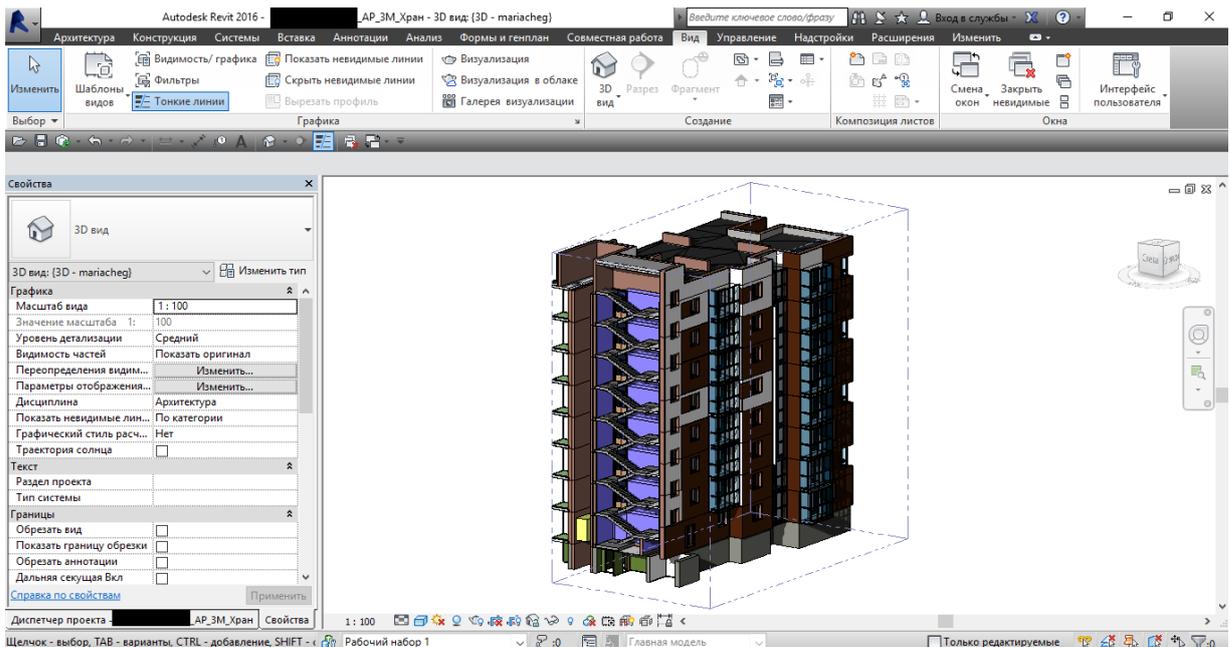


Рисунок 18- Разрабатываемая архитектурная модель

Основной процесс организации работы схож в каждом из разделов: модели выстраиваются на основе заранее разработанных элементов, несущих в себе информационную нагрузку. Пример разрабатываемого элемента, а именно «семейства», представлен на рисунке 19.

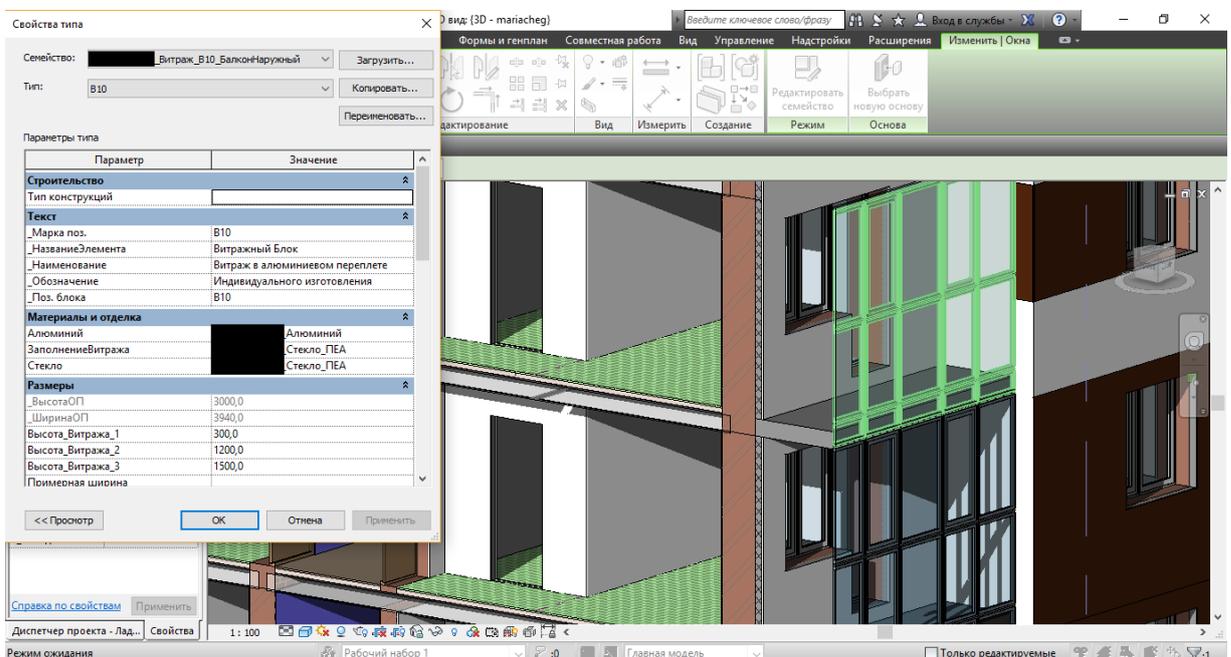


Рисунок 19 – Пример разрабатываемого семейства раздела АР

Присутствует возможность одновременной работы в файле нескольких инженеров-проектировщиков, подобный функционал

реализуется на уровне «рабочих наборов» в соответствии с рисунком 20, «рабочий набор» представляет собой определенный доступ к тем или иным компонентам модели исключительно для указываемого пользователя.

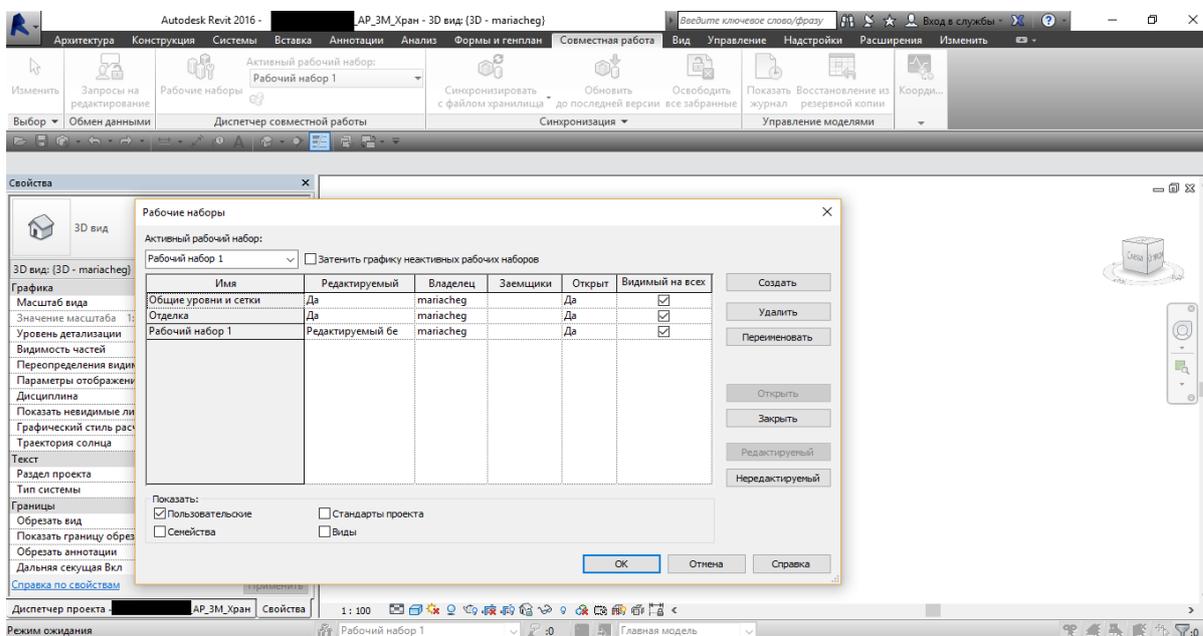


Рисунок 20 – Пример организации рабочих наборов модели

После завершения деятельности инженера-проектировщика раздела AP к работе могут приступать «инженеры-смежники», чей рабочий процесс представлен на рисунке 21. Они, используя неизменяемую подоснову, наполняют ее оборудованием и инженерными системами, а также отслеживают любые изменения в исходном проекте, сопоставляют модели других исполнителей, выполняют проверки на коллизии. Иерархия связанных файлов наблюдается в соответствии с рисунком 22.

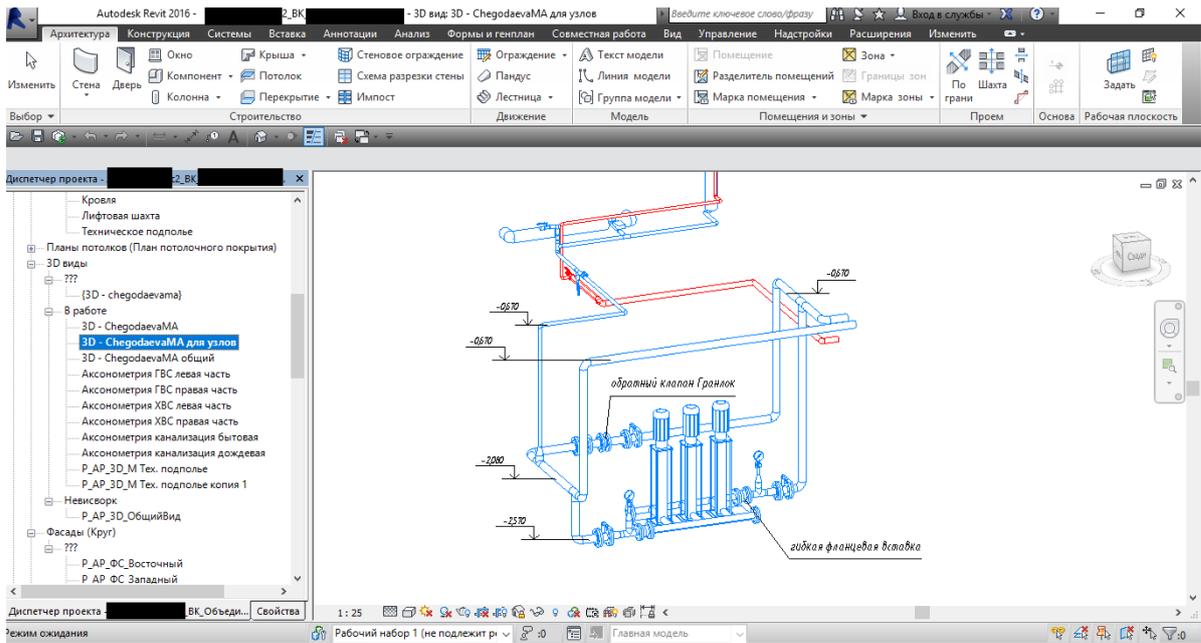


Рисунок 21 – Связанная с подосновой модель инженера-проектировщика раздела ВК

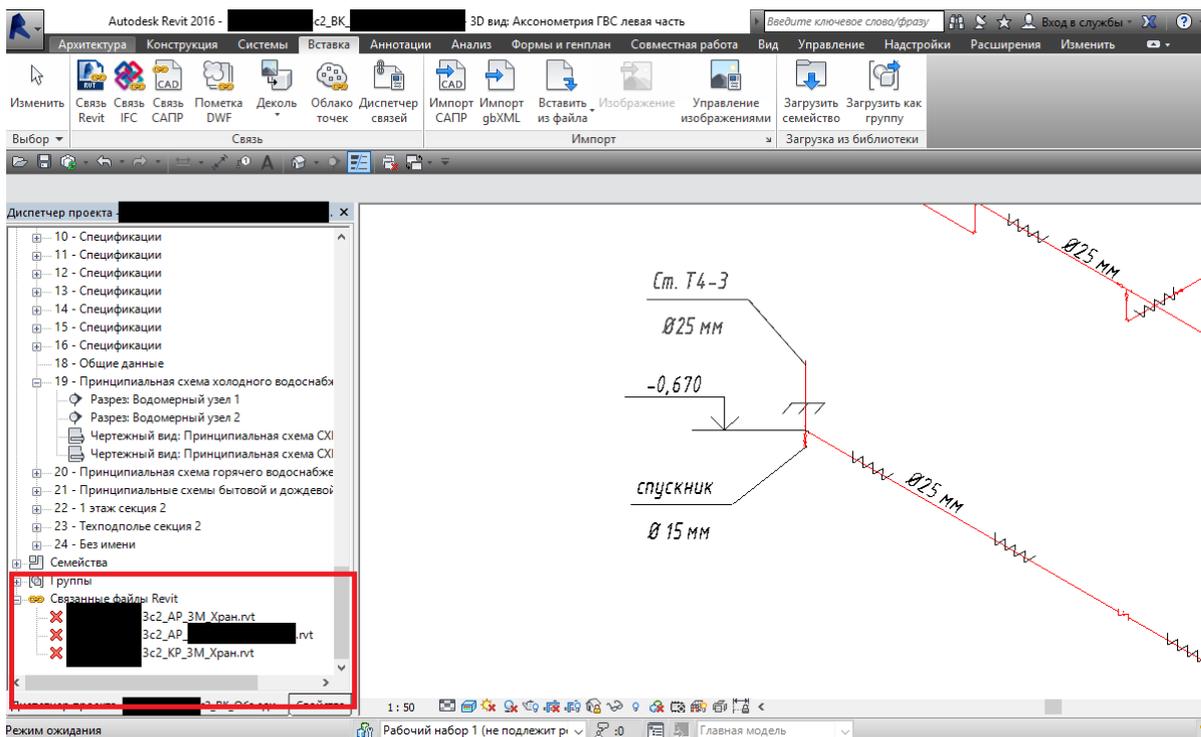


Рисунок 22 – Организация работы со связанными файлами на примере модели раздела ВК

Завершенные модели с настроенными отображениями, видами, один из которых представлен на рисунке 23, с правильно выведенными

спецификациями собираются воедино, представляя собой комплексную информационную модель.

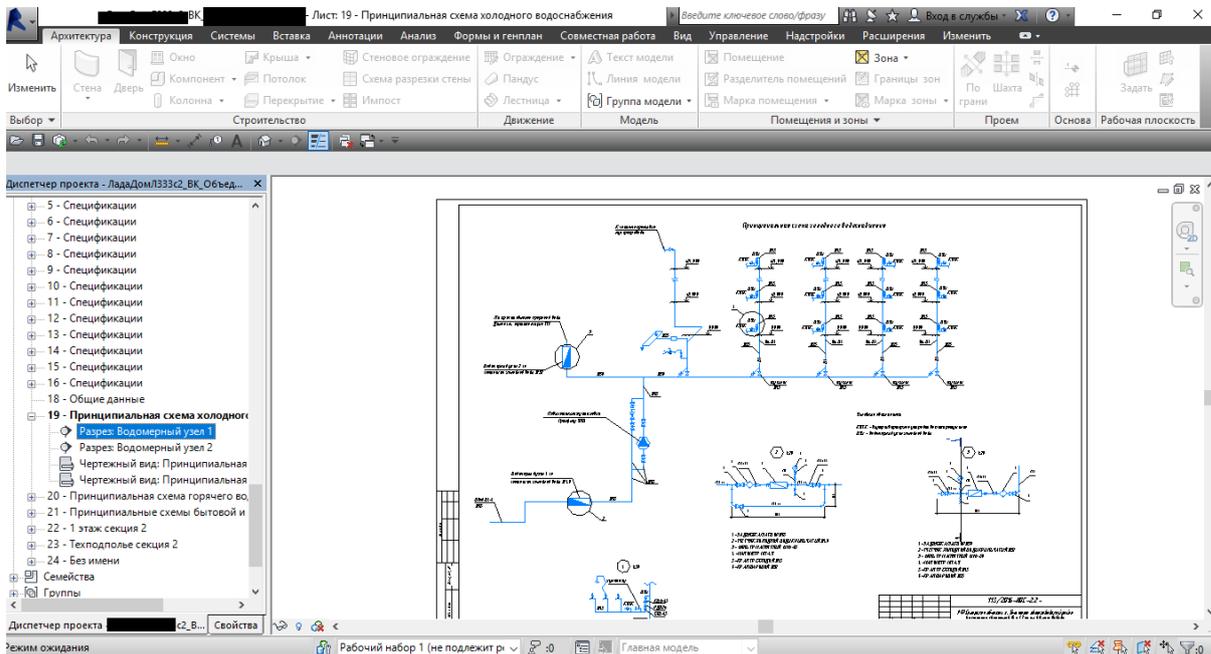


Рисунок 23 – Принципиальная схема холодного водоснабжения, выполненная в соответствии с требованиями ГОСТ и выведенная на основе модели

Далее модель повторно проверяется на коллизии и наличие прочих проектных ошибок, после чего переводится в формат, предназначенный исключительно для чтения геометрии объекта и информации, заложенной в ней без возможности коренного изменения самих элементов здания, и передается заказчику на носителе в нескольких экземплярах.

Окончательный вариант проделанной работы включает в себя:

- информационную модель раздела ВК (водоснабжение и канализация) в соответствии с рисунком 24;

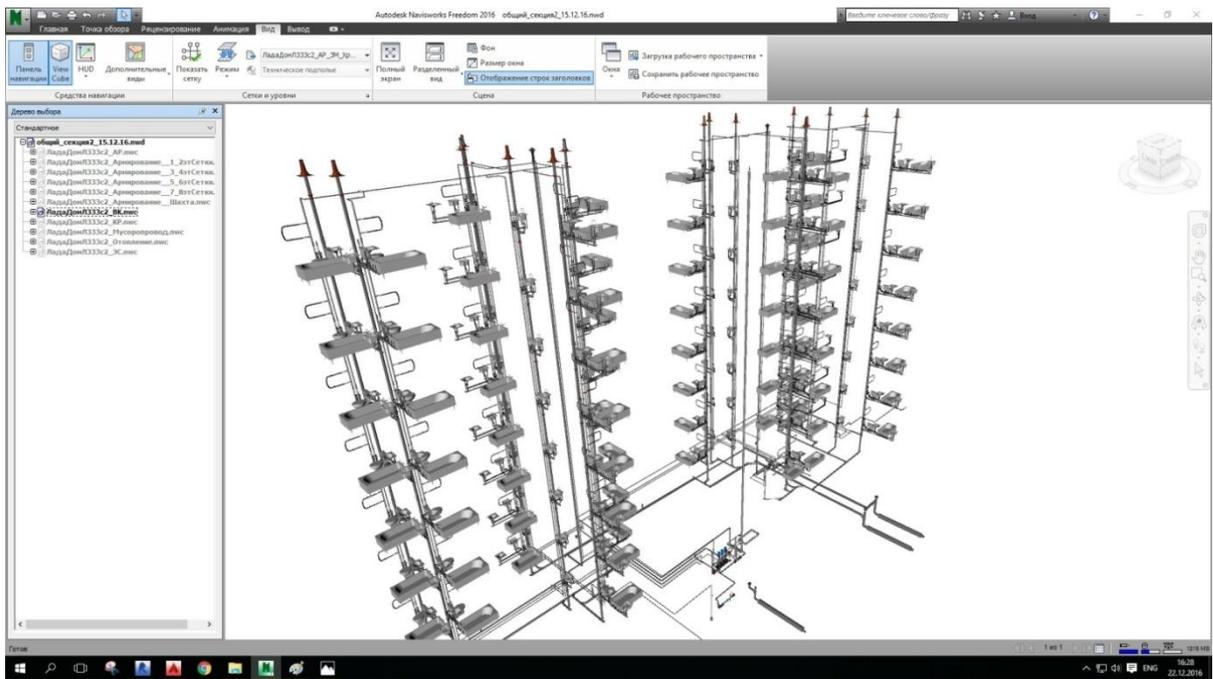


Рисунок 24 – Информационная модель системы ВК
 - информационную модель раздела ОВ (отопление и вентиляция) в соответствии с рисунком 25;

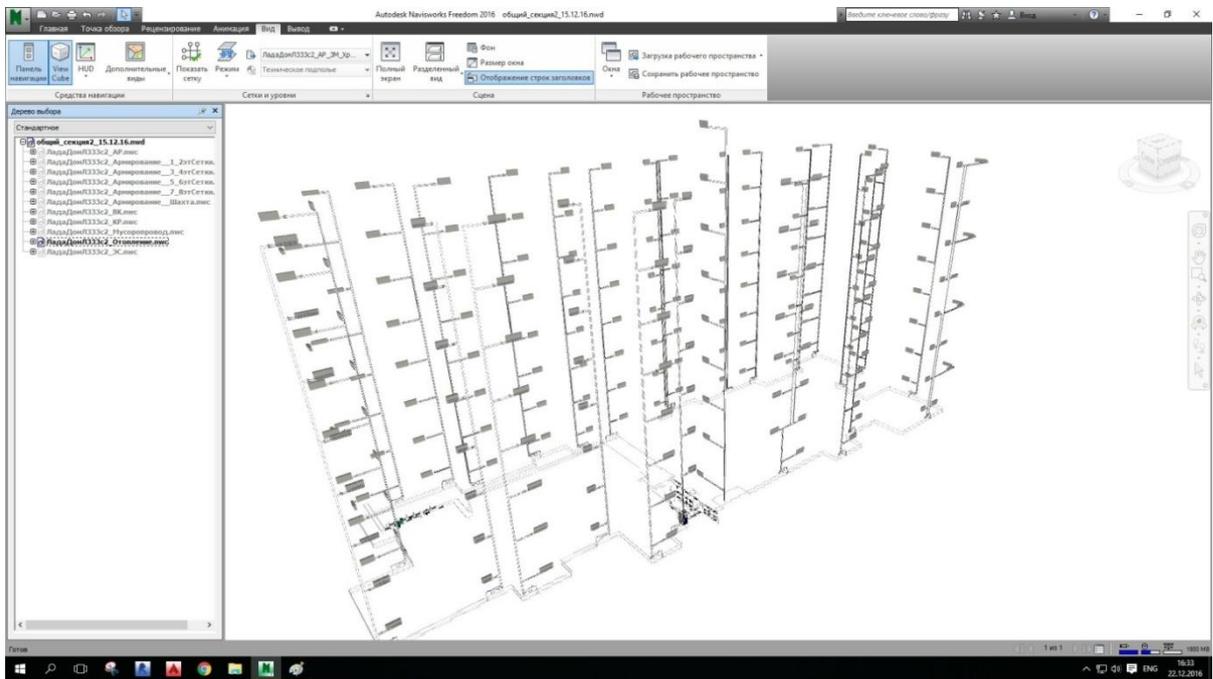


Рисунок 25 – Информационная модель системы ОВ
 - информационную модель раздела ЭС (электрические сети) в соответствии с рисунком 26;

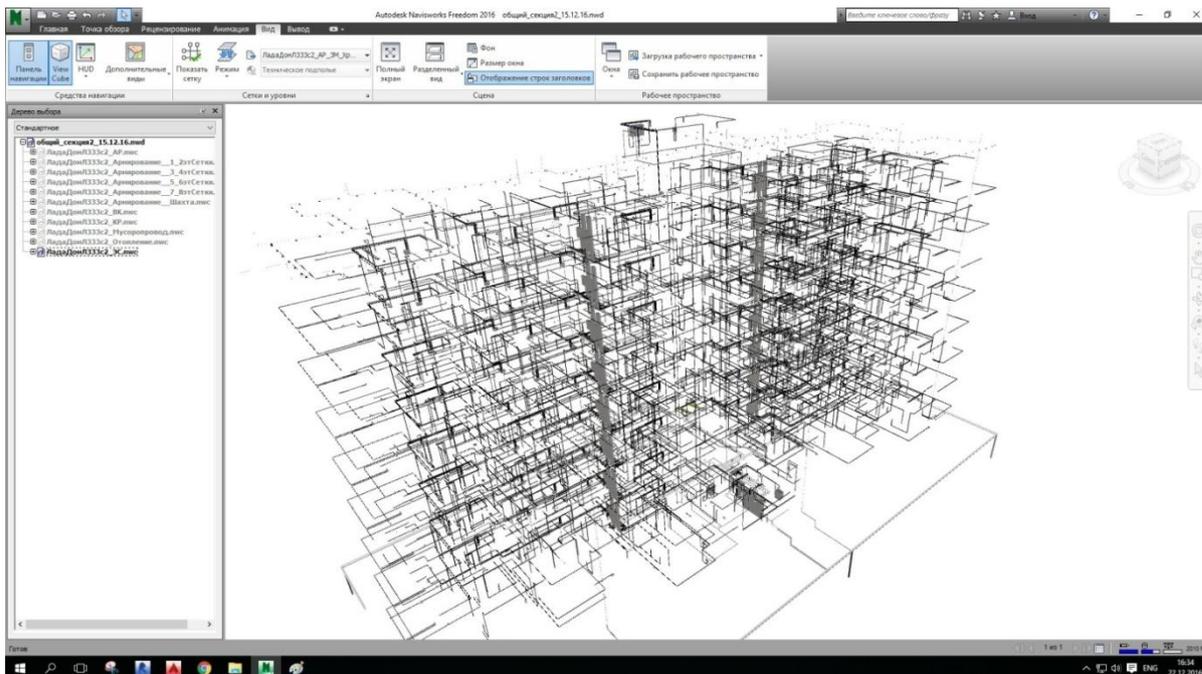


Рисунок 26 – Информационная модель системы ЭС

- информационную модель раздела КР (конструктивные решения), которую для облегчения размера файла было решено разделить на две составляющие: модель армирования в соответствии с рисунком 27 и модель основных конструкций здания в соответствии с рисунком 28;

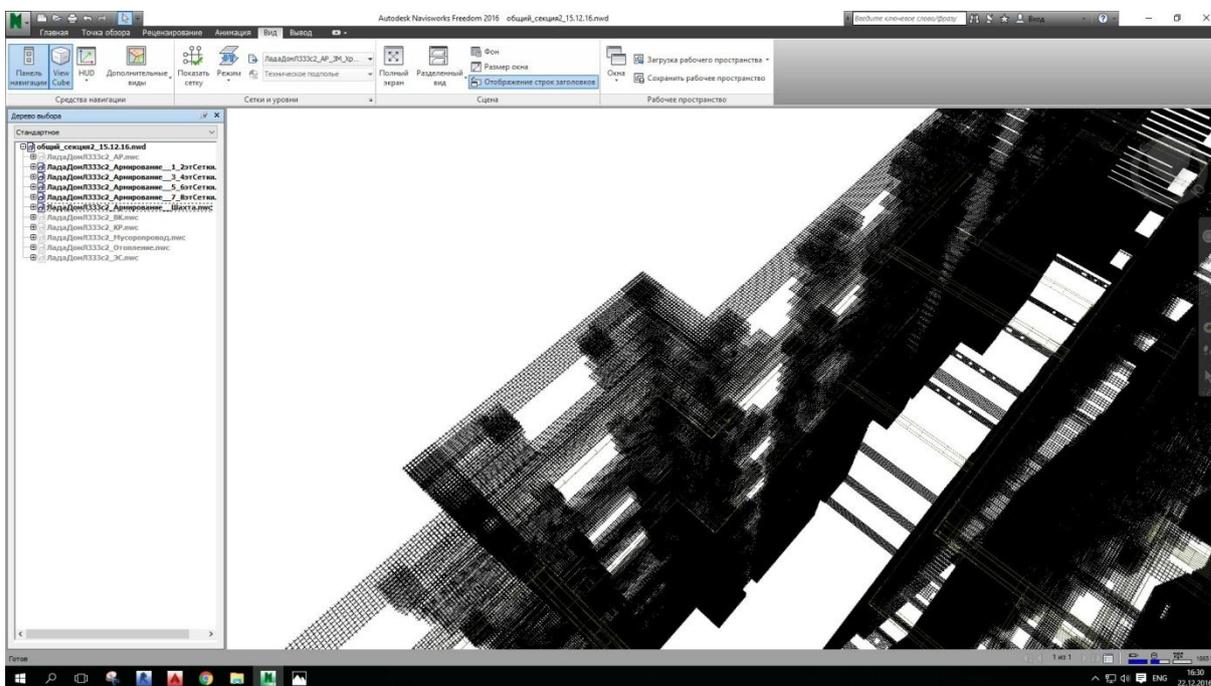


Рисунок 27 – Информационная модель раздела КР (армирование)

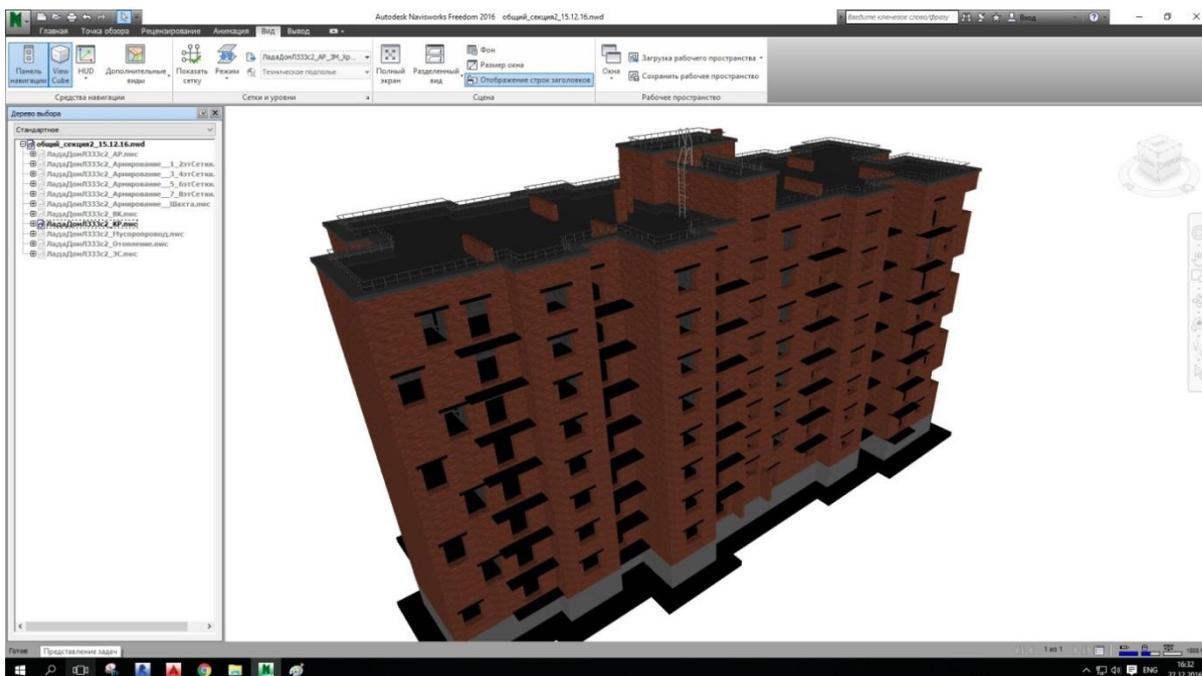


Рисунок 28 – Информационная модель раздела КР (основные конструкции)

- единую модель-хранилище, являющуюся симбиозом всех разрабатываемых в сфере BIM разделов проекта в соответствии с рисунком 29.

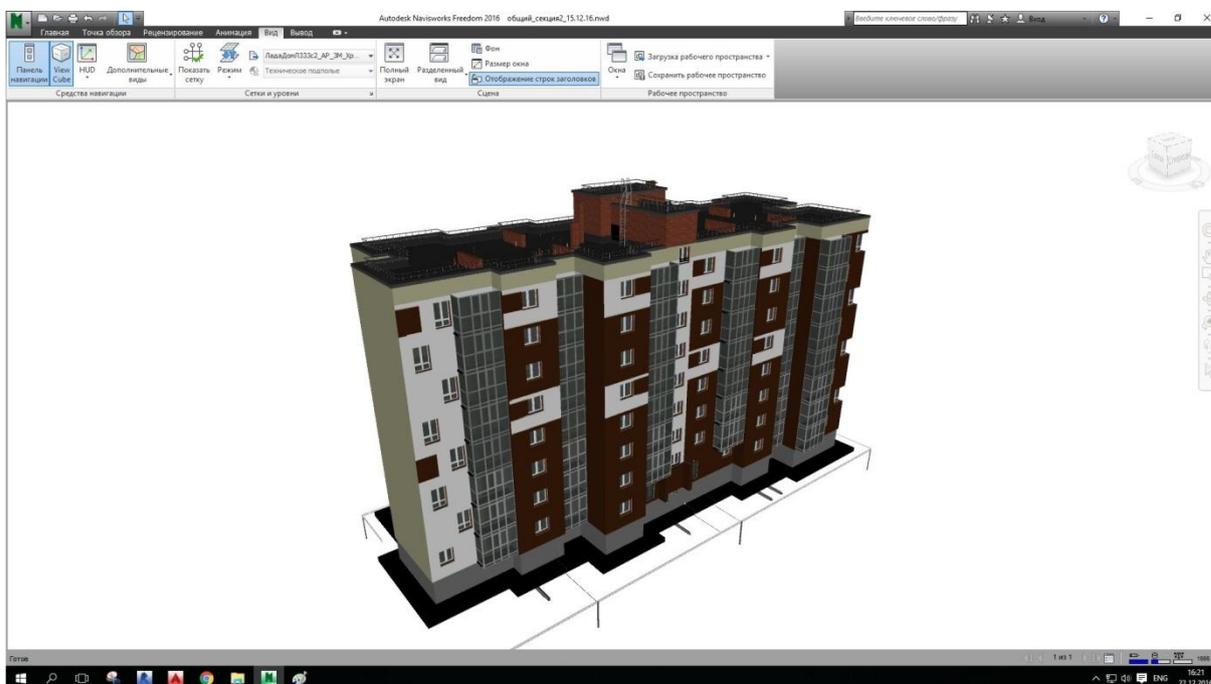


Рисунок 29 – Единая модель-хранилище

Глава 2. Выводы

В ходе выполнения Главы 2 магистерской диссертации была изучена функциональность информационной модели здания на этапе выполнения проектных работ. Также описаны возможные мероприятия по дальнейшим действиям касательно проектной информационной модели, однако распространяющимся уже на стадию выполнения строительно-монтажных работ.

Основываясь на ранее изученных материалах, была воссоздана многофакторная информационная модель жилого многоквартирного дома, состоящая из шести связанных файлов, в ходе выполнения модели был протестирован принцип «совместной работы», о котором шла речь в Главе 1. Логичным завершением работы на данном этапе является готовая информационная модель, приспособленная для дальнейшей работы над ней с целью адаптации к нуждам эксплуатации.

Глава 3 Информационная модель как средство повышения качества эксплуатации объекта

3.1 BIM-модель на стадии эксплуатации. Общие положения

Схема, представленная на рисунке 30, наглядно показывает, что информационная составляющая модели играет первостепенную роль, в то же время ее влияние на различных этапах жизненного цикла различно. На этапе проектирования влияние геометрического представления объекта превалирует над информативностью, наиболее явно это различие проявляется при строительстве объекта. На завершающей стадии, а именно при эксплуатации здания, идеология BIM проявляется в высшей степени, так как именно в этом случае впервые за весь жизненный цикл здания [23] информация выходит на первый план, а геометрические формы и представления теряют свои главенствующие позиции.

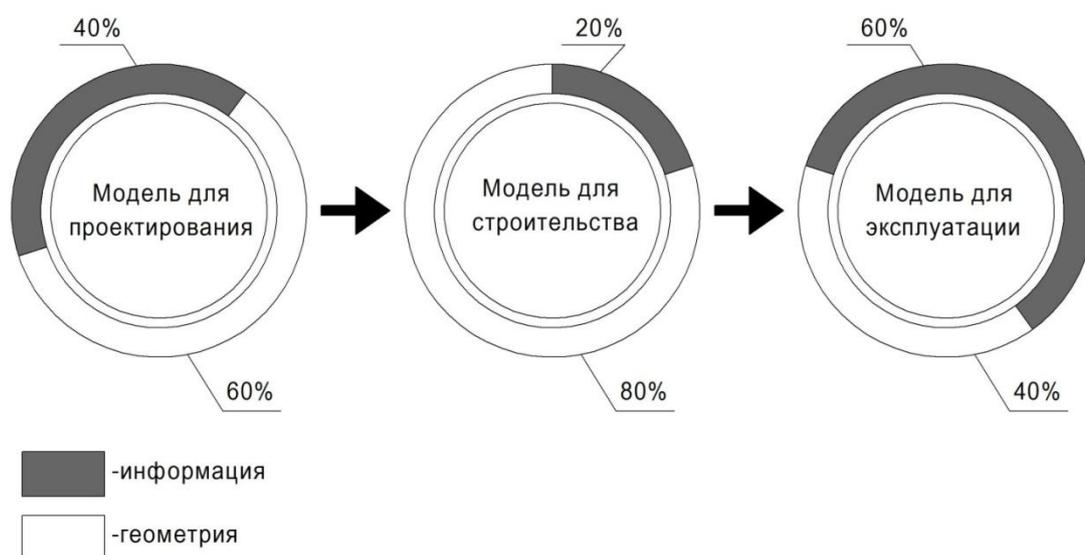


Рисунок 30 – Соотношение значений геометрии и информации модели на различных этапах жизненного цикла [24]

Этап эксплуатации с точки зрения освоения BIM-индустрии представляется наименее скоординированным из всех вышеизложенных этапов, так как когда произносят слово «BIM», первой мыслью является,

конечно же, проектирование, реже вспоминается стадия строительства объекта и почти никогда эксплуатация. Однако именно этот этап занимает наиболее протяженный временной отрезок, продолжительность напрямую влияет на финансовые затраты, следовательно, суммарные расходы на эксплуатацию зачастую в несколько раз превосходят предыдущие расходы [25]. Следовательно, вполне очевиден следующий вывод: современные технологии проектирования и строительства должны быть направлены на оптимизацию процесса эксплуатации зданий и сооружений.

Возможности информационной модели на стадии эксплуатации заключаются в следующих функциях:

- управление эксплуатационной документацией;
- контроль расходования ресурсов;
- отлаженная эксплуатация инженерной и информационной инфраструктуры;
- интеграция с BMS-системой объекта, пример которой можно наблюдать на рисунке 31;
- учет оборудования и гарантийных обязательств;
- оценка эффективности управления, инвентаризация и технический аудит оборудования.



Рисунок 31 – Схема работы BMS (Building Management System)

Во время жизненного цикла объекта BIM-модель обеспечивает:

- разумное планирование затрат на текущий и капитальный ремонт здания, обоснование финансовых расходов;
- прогнозирование годового бюджета на эксплуатацию объекта;
- создание концепции развития объекта, плана управления эксплуатацией;
- сопровождение договоров на коммунальные услуги [26].

Перечисленные функциональные особенности информационного моделирования на стадии эксплуатации позволяют ввести понятие так называемого «электронного паспорта здания» [26] на основе BIM-модели. Существует несколько путей его создания:

- 1) актуализация уже существующей модели, полученной от проектной или подрядной организации;
- 2) создание исполнительной модели, а именно информационной модели, предназначенной исключительно для стадии эксплуатации.

В современных реалиях предпочтительным, несомненно, является первый вариант, так как именно к единству информационной модели на всех этапах жизненного цикла конкретного здания стремятся все участники строительного рынка. Второй метод используется для уже построенных зданий и сооружений, зачастую для памятников архитектуры. Одним из ярких примеров является здание Сиднейского оперного театра, в котором применение BIM-технологий сводилось к решению задач реконструкции, управления и обслуживания здания. Перечисленные задачи решались путем создания комплексной модели, состоящей в свою очередь из основной части и логически определенных подмоделей, содержащих информацию, способствующую решению строительско-технических, управленческих, логистических и финансовых задач [27]. Отличительной особенностью информационной модели Сиднейского оперного театра является тот факт, что ее составные части, а

именно подмодели, выполнялись в разных BIM-программах, при этом каждый участник процесса имел полноценный доступ к модели благодаря универсальному формату передачи данных информационной модели – IFC. Процесс передачи отображен на примере модели Сиднейского оперного театра на рисунке 32.

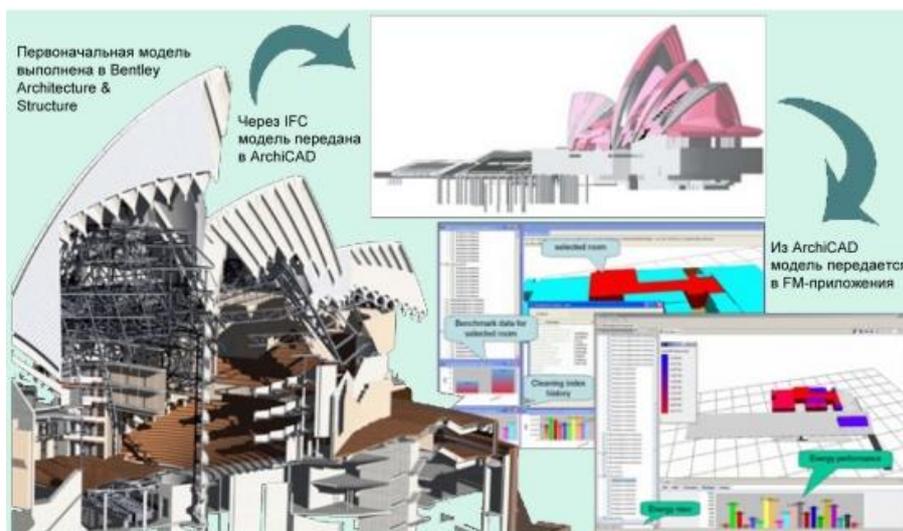


Рисунок 32 – Схема передачи данных информационной модели здания Сиднейского оперного театра [27]

Постепенно внедряя технологии информационного моделирования в стадии жизненного цикла объекта, можно рассчитывать на перспективное использование основных концепций также и на наиболее продолжительной стадии эксплуатации, тем самым резонным является утверждение, что концепция BIM позволяет заложить ожидаемые результаты и показатели эксплуатационных процессов уже на стадии проектирования, подобные различия отображены на рисунке 33.



Рисунок 33 – Различия подходов рассмотрения этапности жизненного цикла здания [24]

Подводя итоги рассмотрения возможностей технологии информационного моделирования для начала стадии эксплуатации, можно выделить несколько основных преимуществ, которые влияют непосредственно на работу эксплуатирующих организаций:

- 1) Наличие цифрового архива обо всех принятых решениях в ходе выполнения строительного-монтажных работ;
- 2) On-line доступ к исполнительной документации в любое время;
- 3) Организация быстрого поиска данных по объекту, точные сведения о количестве материалов и оборудования;
- 4) Обновляемая информация на протяжении всей жизни объекта;
- 5) Информация хранится в эксплуатирующих организациях, а не в сторонних компаниях.

Информационное моделирование в России уже сейчас является перспективным направлением, которое получает всестороннюю поддержку, так, согласно заявлениям департамента градостроительной деятельности и архитектуры Минстроя России, основной целью на данный

момент является переход строительной отрасли на новый формат мышления и управления проектом в целом [28].

3.2 Создание автоматизированной системы эксплуатации жилого многоквартирного дома

Создание автоматизированной системы эксплуатации предполагается рассматривать двумя способами:

1) первичная система эксплуатации – наиболее простой вариант, который не подразумевает использование специализированных программных комплексов, разработанных чисто под нужды эксплуатации. Усовершенствование системы эксплуатации объекта достигается совместным применением программных комплексов Revit (для создания информационной модели и оснащения ее нужной информацией), Navisworks Freedom(бесплатное программное обеспечение, направленное исключительно на просмотр BIM-модели и информативной составляющей ее отдельных компонентов);

2) автоматизированная система эксплуатации – вариант, который подразумевает использование специализированных программных комплексов, а именно BIM 360 Ops [29].

3.2.1 Первичная система эксплуатации

На стадии выполнения проектной информационной модели в качестве общих параметров были использованы параметры, необходимые прежде всего для отображения в спецификации. Однако для стадии эксплуатации объекта необходимо дополнить базу данных параметрами, которые в дальнейшем можно будет прогнозировать.

На примере одной из связанных моделей, а именно модели системы водоснабжения и канализации, представляются одни из новых параметров,

которые могут быть дополнены при плановых осмотрах инженерных систем и т.п.

В таблице 2 представлены общие параметры проектной и эксплуатационной моделей.

Таблица 2– Общие параметры элементов информационной модели для различных стадий жизненного цикла объекта

Проектная информационная модель	Эксплуатационная информационная модель
<ul style="list-style-type: none"> -позиция; -наименование и технические характеристики; -тип, марка, обозначение документа; -код оборудования, изделия, материала; -завод-изготовитель; -единица измерения; -масса единицы; -примечание 	<ul style="list-style-type: none"> -позиция; -наименование и технические характеристики; -тип, марка, обозначение документа; -код оборудования, изделия, материала; -завод-изготовитель; -единица измерения; -масса единицы; -примечание: -дата осмотра; -ФИО ответственного лица; -первичные замечания; -выявленные неисправности; -вывод о текущем техническом состоянии элемента; -перечень предполагаемых работ

Изменения в файлах общих параметров автоматически проецируются на комплексную модель, следовательно, они могут дополняться информацией в течение всего жизненного цикла. На рисунках 34 – 37 показана последовательность наполнения элемента информацией на примере установки повышения давления системы ВК.

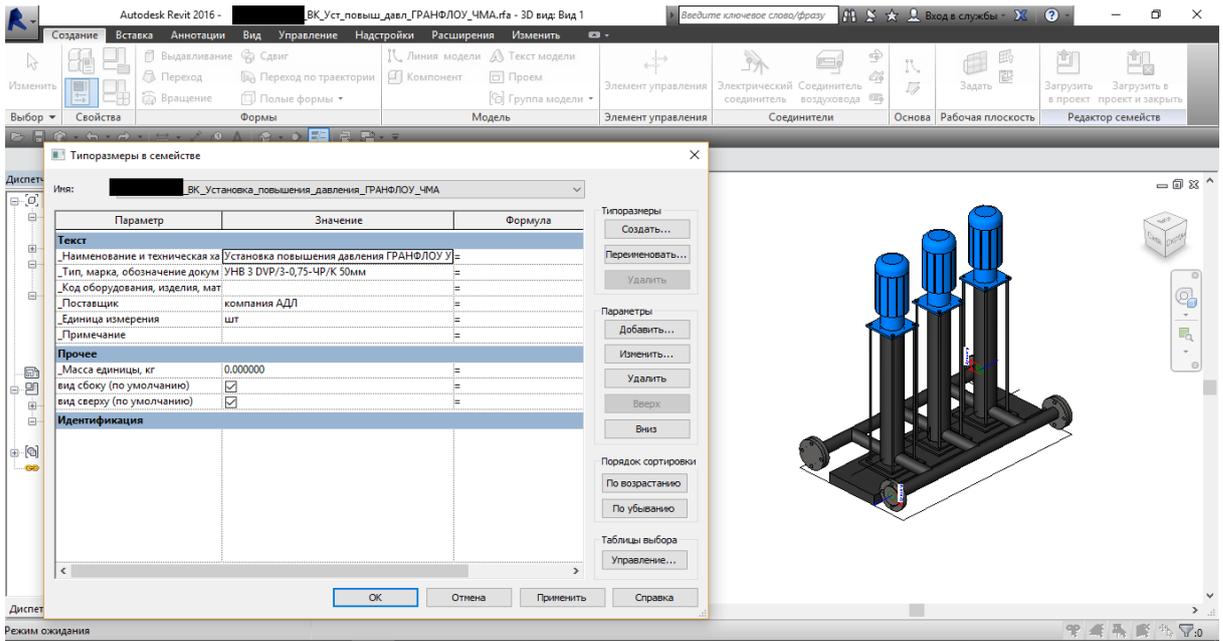


Рисунок 34 – Семейство установки повышения давления в изначальном редакторе элементов, до внесения новых общих параметров

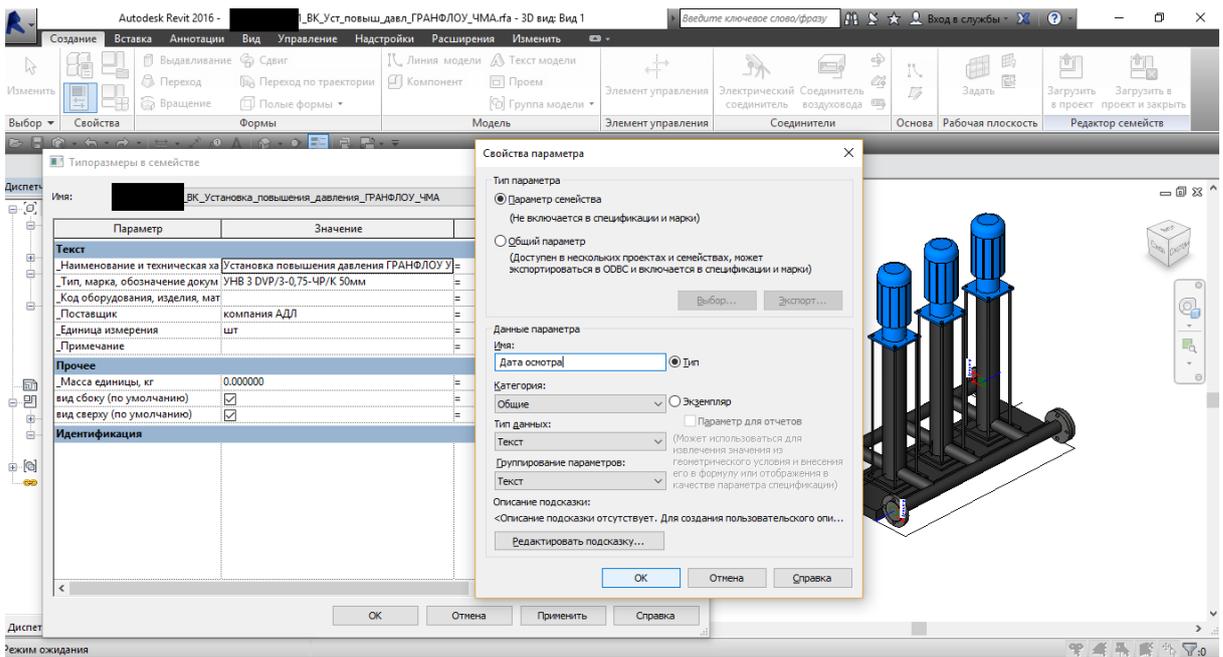


Рисунок 35 – Процесс создания дополнительных общих параметров

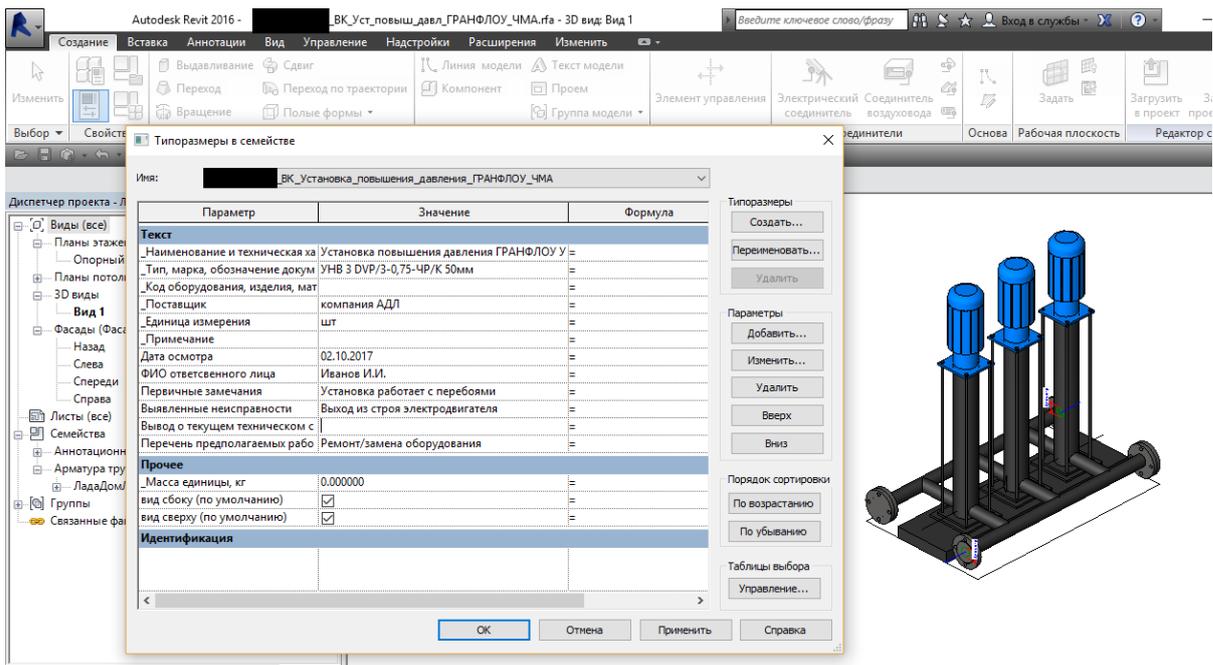


Рисунок 36 – Дополнительные «эксплуатационные» общие параметры

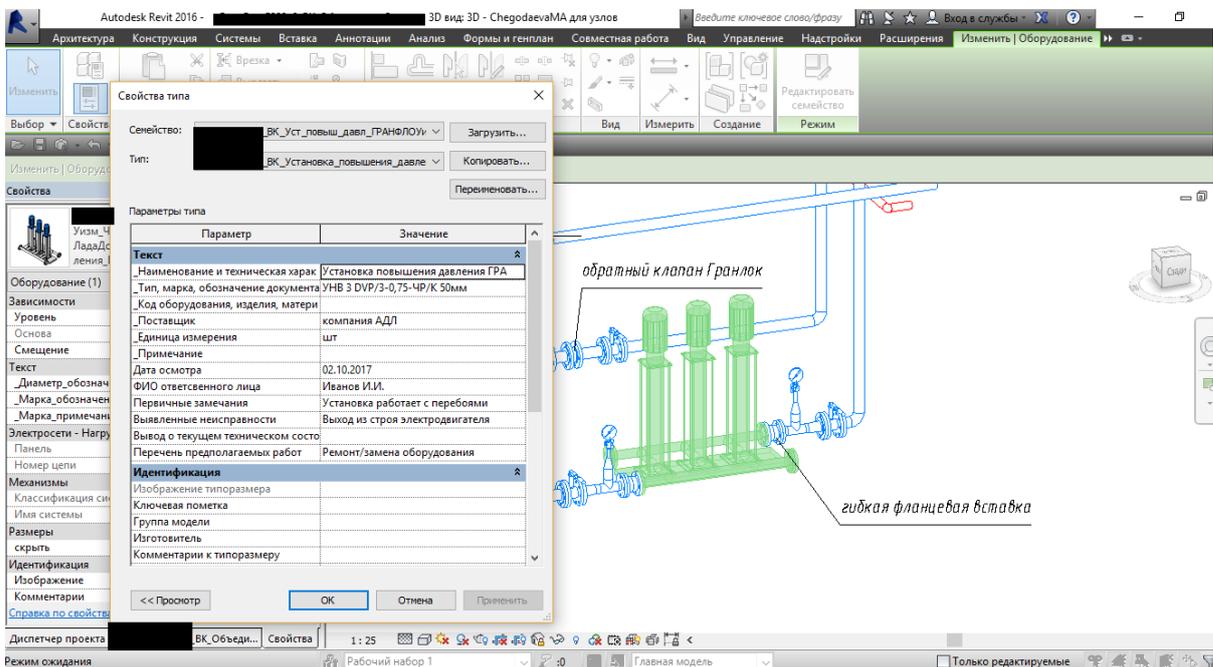


Рисунок 37 – Отображение дополненной информации непосредственно в средстве просмотра комплексной модели

Информационная модель, разработанная в программном комплексе Autodesk Revit, сохраняется в расширении, позволяющем импортировать

ее в Navisworks Freedom. Данный программный комплекс доступен в мобильной версии, тем самым обеспечивается всесторонний доступ к модели.

На рисунке 38 представлен элемент системы водоснабжения и канализации, в свойствах объекта можно наблюдать добавленные общие параметры эксплуатационной информационной модели.

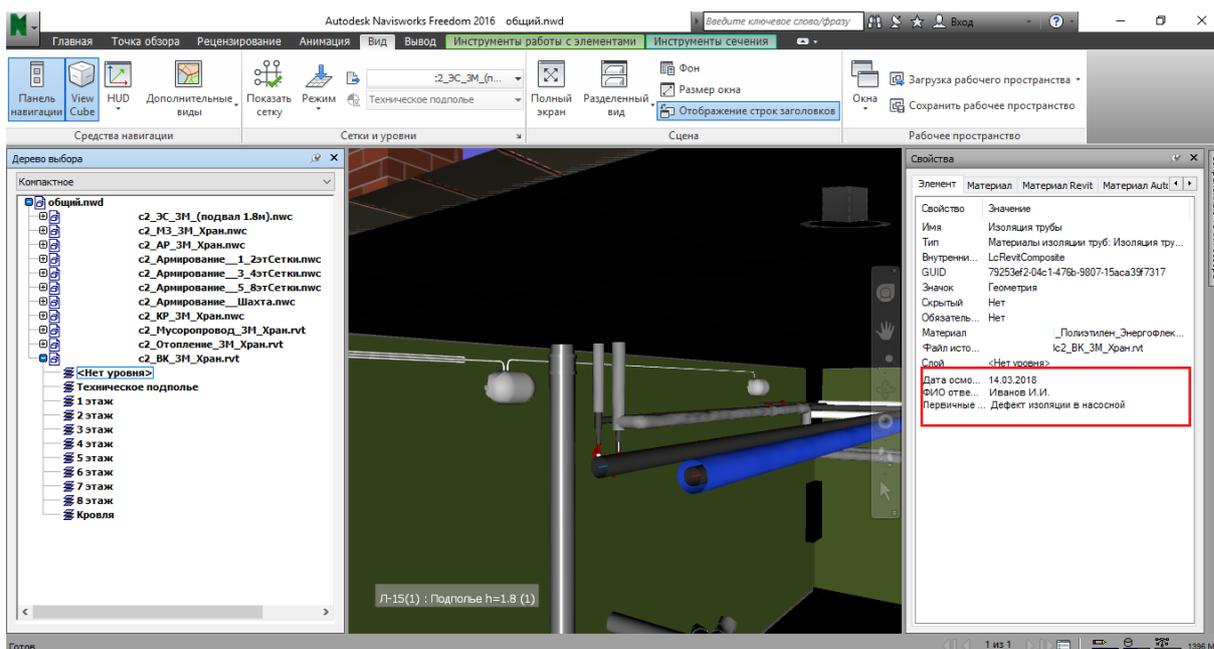


Рисунок 38 – Первичная эксплуатационная модель в Navisworks Freedom

Анализируя функциональность подобных наработок, можно сделать выводы об их преимуществах:

- 1) программа для просмотра модели является абсолютно бесплатной и также существует в виде версии мобильного приложения;
- 2) реализуется доступ к любому компоненту, заложенному в проектной модели;
- 3) возможность постоянного отслеживания обновляющейся информации.

Однако недостатки также имеются, к ним можно отнести довольно ограниченный функционал, так как имеется возможность отслеживать

лишь ту информацию, которая заложена в самой проектной модели, обновлять информацию необходимо непосредственно в Revit, что требует определенных навыков работы с программой у работников эксплуатирующих организаций [30].

3.2.2 Автоматизированная система эксплуатации

Для наиболее подробного изучения возможности автоматизации процесса технической эксплуатации здания необходимо:

- 1) определить основной перечень работ и функций, выполняемых в ходе эксплуатации жилого фонда;
- 2) выявить иерархию традиционного подхода к эксплуатации объекта на примере одного из вида выполняемых работ;
- 3) представить алгоритм эксплуатации объекта на основе исследуемого метода автоматизации с использованием BIM-модели здания, для примера предполагается использование того же вида работ;
- 4) сравнение полученных схем.

Наиболее часто встречающимися вопросами технической эксплуатации жилищного фонда являются вопросы его содержания и ремонта. На рисунке 39 в графической форме представлены основные процессы, характеризующие тот или иной вид работ.

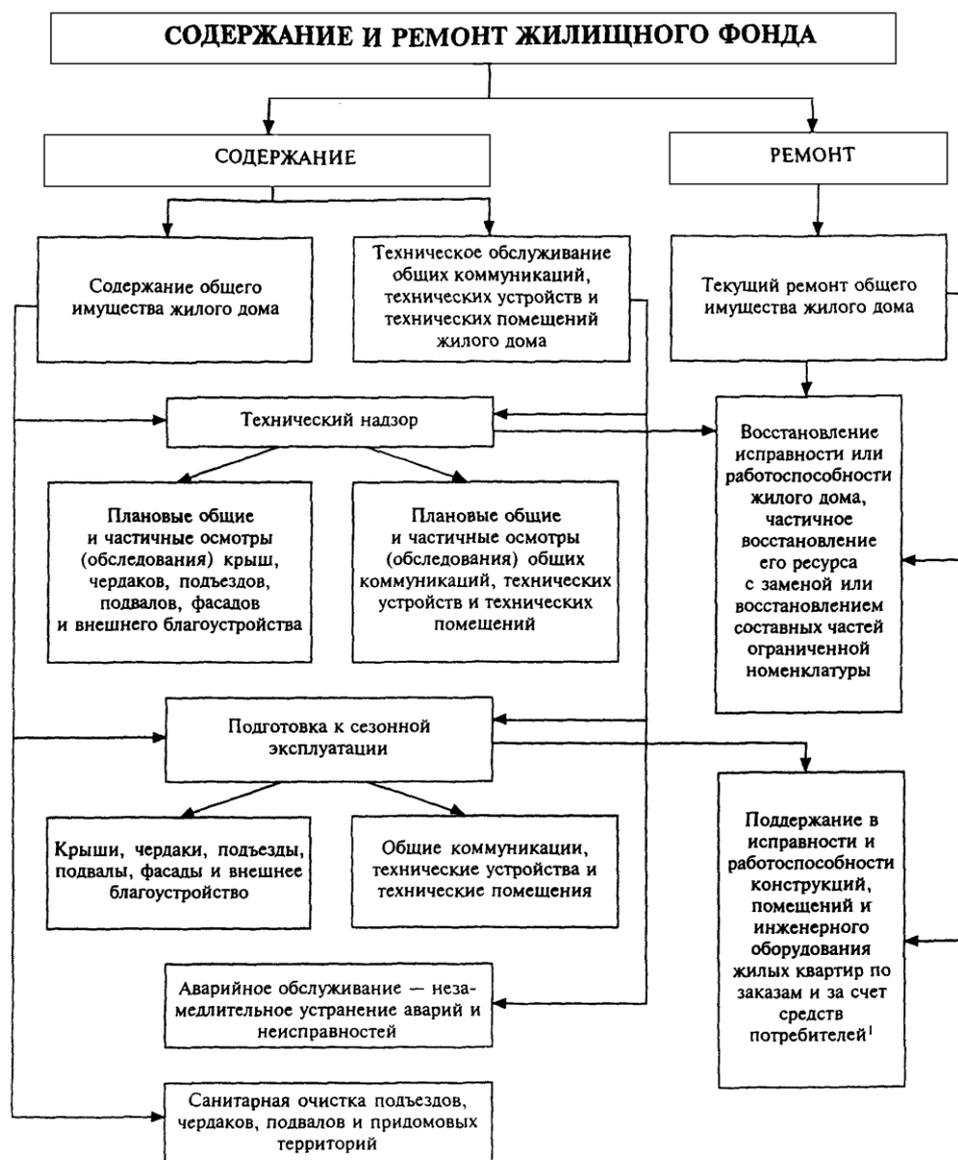


Рисунок 39 – Техническая эксплуатация жилищного фонда

Для дальнейшего сравнения традиционного и информационного подходов к организации процесса технической эксплуатации жилищного фонда примем единую ситуацию: появление неисправности и мероприятия, направленные на ее экстренное устранение.

Традиционный подход к решению данного вопроса представлен на рисунке 40.

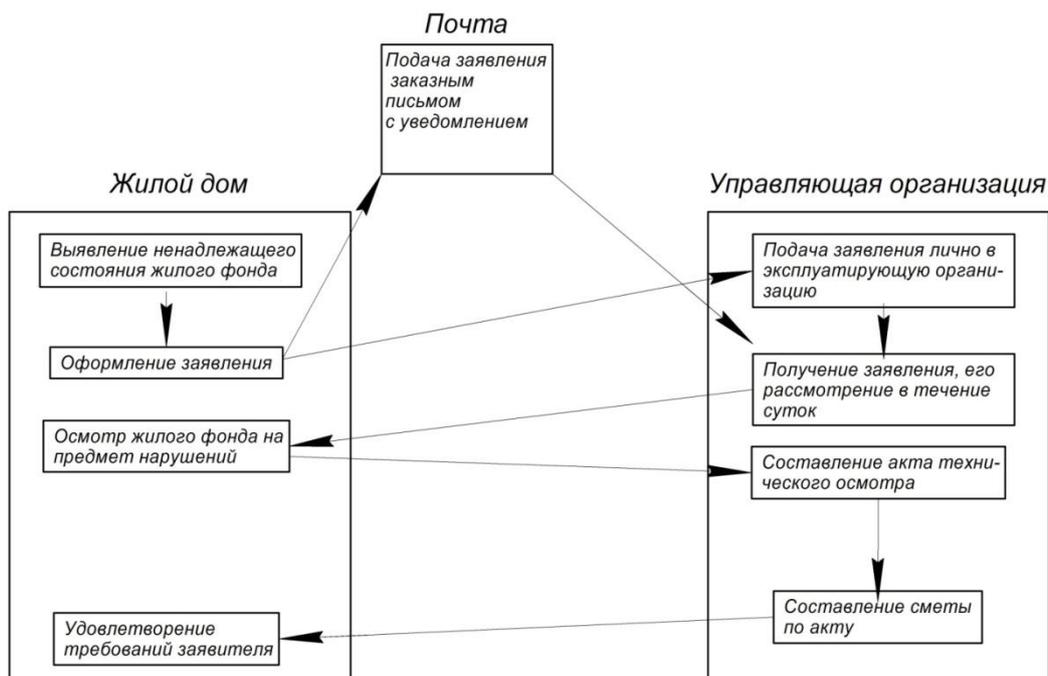


Рисунок 40 – Организация устранения неисправности при традиционном подходе к эксплуатации объекта

Как показывает схема, после обнаружения жильцами неисправностей в срочном порядке оформляется заявление на имя обслуживающей организации с описанием проблемы, а также требованием ее решения, далее заявление может доставляться непосредственно в организацию лично в руки, либо отправляться заказным письмом с уведомлением. В обоих случаях в течение суток после получения заявления, его необходимо рассмотреть и направить мастера для осмотра и составления акта. Далее, после необходимого, а порой и весьма длительного, сбора исходных данных, информации об оборудовании и т.п., составляется смета на выполнение работ согласно акту технического осмотра и требования заявителя зачастую удовлетворяются.

Очевидным недостатком данной схемы является значительное количество стрелок, так как оно напрямую способствует увеличению временных затрат.

Схема информационного подхода к вопросам технической эксплуатации на примере той же ситуации выглядит немного иначе, она представлена на рисунке 41.

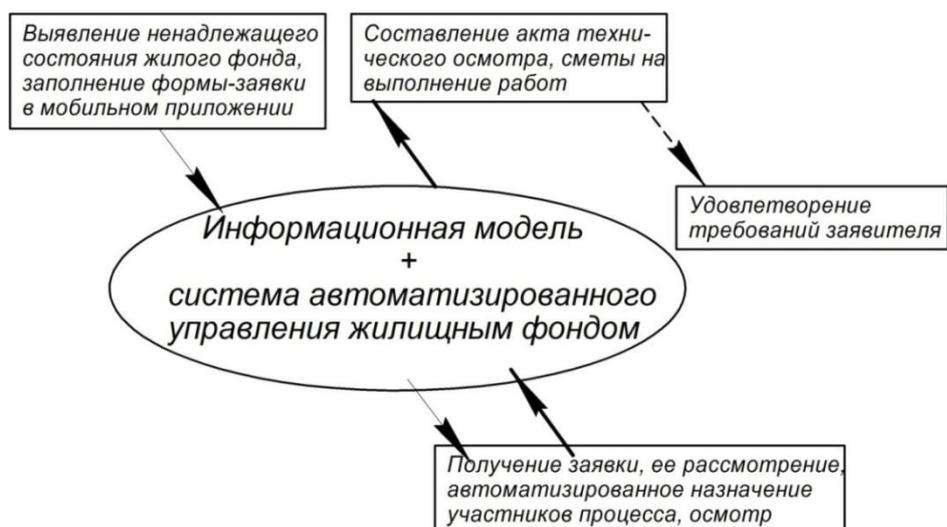


Рисунок 41 - Организация устранения неисправности с применением систем автоматизации

Насколько можно наблюдать, главенствующую роль в данной схеме, а именно центральное, занимает позиция «Информационная модель + система автоматизированного управления жилищным фондом», все операции также не происходят, не затрагивая этот блок.

При возникшей неисправности оборудования жилец сообщает посредством мобильного приложения, указывая номер своего дома, а также детально описывая возникшую ситуацию, т.е. заполняет форму-заявку не выходя из собственного дома, к заявке также могут прикрепляться различные файлы, дающие более подробное представление о природе неисправности. Далее запрос обрабатывается и отправляется на единый облачный сервер, где направляется непосредственно в эксплуатирующую организацию, где система анализирует имеющиеся сведения и направляет запросы на смартфон сотрудников, которые в данный момент могут заняться решением проблемы. На месте мастер, отсканировав штрих-код или QR-код оборудования, может получить

доступ к информационной модели, просмотреть все соответствующие пометки о предыдущих состояниях элемента системы, получить доступ к техническим паспортам и прочей документации, что, несомненно, позволяет адекватно рассуждать о причинах неисправностей и возможностях их устранения [29].

Далее непосредственно в офисе управляющей организации составляются акты, сметы и прочая необходимая документация. Особенностью применения информационной модели на данной стадии является возможность выводить основной объем информации непосредственно с модели, не обращаясь к огромному количеству проектной документации, после чего сотрудники управляющей организации могут приступать к удовлетворению запроса заявителя.

Если сравнивать последнюю схему с «традиционной», можно наблюдать, что количество и величина стрелок значительно уменьшились, пересечения свелись к минимуму, исключены лишние звенья алгоритма, а практически вся деятельность организуется через общий блок, что позволяет судить об экономии временных и трудовых затрат работников, своевременное восстановление отлажено работающих процессов жилого здания, а также сведение к минимуму возможности утери какой-либо информации, так как, как уже было сказано ранее, вся информация проходит через единое звено «информационная модель».

Далее в качестве примера представлены функциональные особенности автоматизированной системы эксплуатации, разработанной с непосредственным применением BIM 360 Ops.

Разработанная в Revit модель со всеми структурными компонентами загружается в программный комплекс, который является многополярным, т.е. он сохраняет свою функциональность вне зависимости от используемой версии. Начальный процесс активации комплекса как в компьютерной, так и в мобильной версии представлен на рисунках 42 и 43.

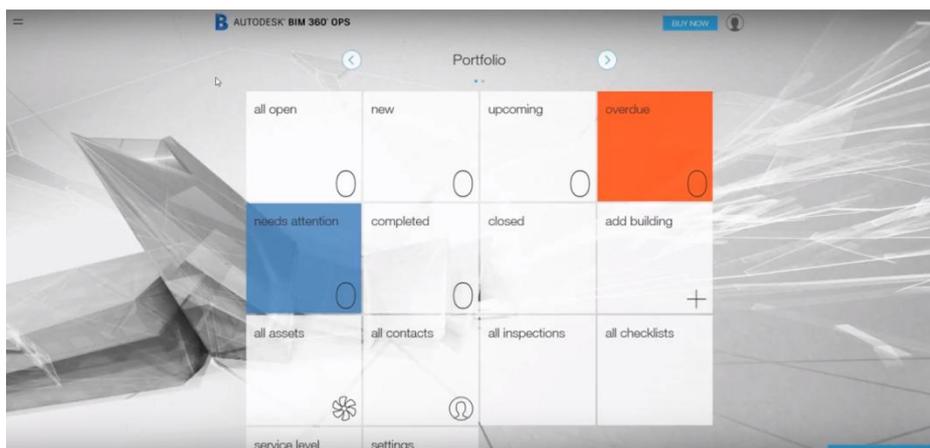


Рисунок 42 – Начальный вид интерфейса BIM 360 Ops в компьютерной версии программы



Рисунок 43 – Мобильная версия программы BIM 360 Ops

Далее пользователями жилищного фонда, имеющими в своем распоряжении тот же программный комплекс, оформляются задачи-заявки, которые синхронизируются с головным компьютером эксплуатирующей организации, вручную или автоматически, исходя из занятости персонала, задача присваивается определенному исполнителю, т.е. заносится в его личный кабинет в статусе активной задачи, что и можно наблюдать на рисунке 44. Задача находится в прямом взаимодействии с информационной моделью объекта, тем самым исполнитель всегда имеет

первостепенный доступ к нормативной документации, техническим паспортам и прочим сведениям, которые изначально были заложены при реализации эксплуатационной модели.

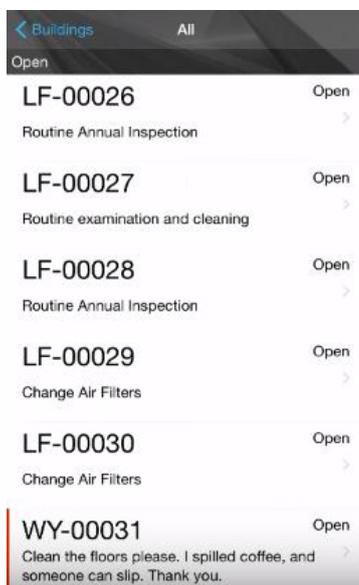


Рисунок 44 – Список активных задач в мобильном приложении

Активные задачи в личном кабинете исполнителя могут сортироваться по огромному количеству параметров: локальное расположение искомого объекта, приоритетность выполнения задачи, исполнитель задачи и т.д. Пример сортировки представлен на рисунке 45.

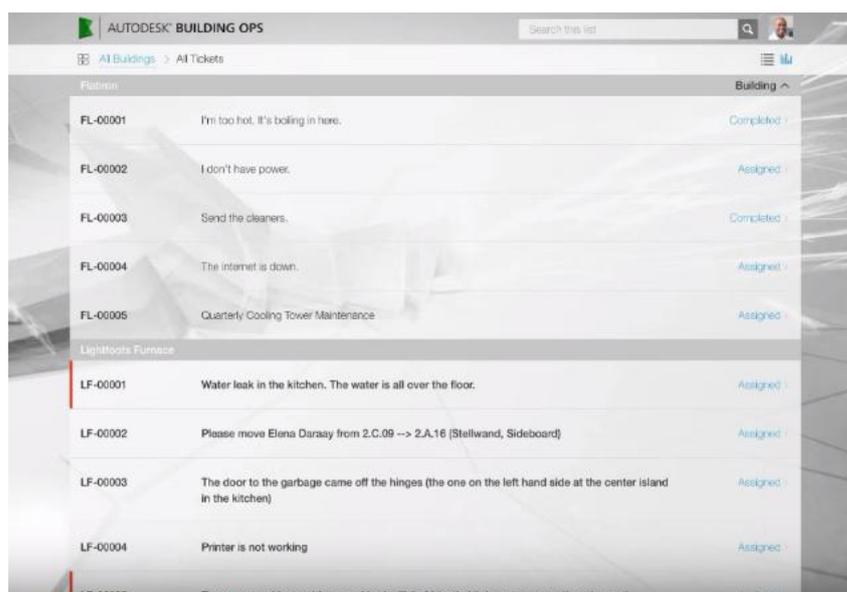


Рисунок 45 – Возможность сортировки активных задач по различным параметрам

Весь спектр задач обрабатывается и может быть представлен в множестве вариаций диаграммного представления, которые можно наблюдать на рисунках 46-48.

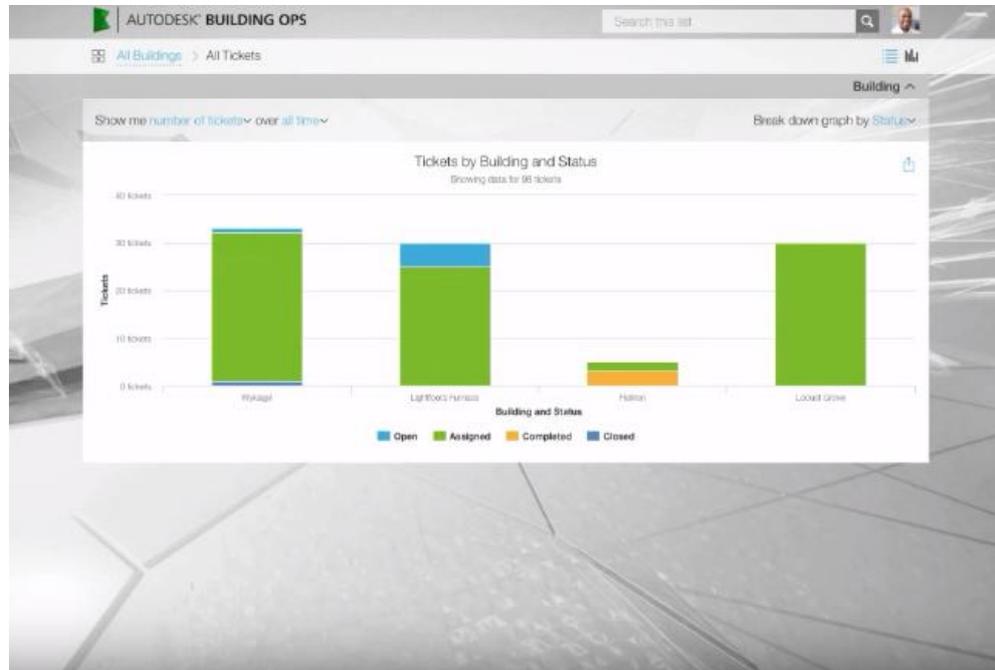


Рисунок 46 –Схематическое отражение статуса выполняемых задач в вариациях различной сортировки



Рисунок 47 – Схематическое отражение статуса выполняемых задач и их исполнителей



Рисунок 48 – Сведения о приоритетности выполняемых задач и их исполнителях

Если сравнивать вышеприведенный метод с наиболее простым первичным, то здесь можно наблюдать максимальное использование принципов информационного моделирования, а именно повсеместное использование заложенной информации, оптимизация устоявшихся процессов с целью экономии временного, а вследствие и экономического ресурса.

Глава 3. Выводы

В ходе выполнения Главы 3 магистерской диссертации были выявлены два основных направления дальнейших действий, направленных на достижение ранее поставленной цели научно-исследовательской работы. Каждый вариант был проанализирован и принят к дальнейшей реализации.

Для первого, наиболее простого варианта модель была адаптирована непосредственно в исходном программном комплексе Revit, его эксплуатационные возможности были выявлены в ходе испытаний в программном комплексе Navisworks.

Второй вариант подразумевал использование специализированной программы, направленной исключительно на нужды эксплуатации, что и было сделано. Возможности полностью автоматизированной системы были также выявлены.

Два метода прошли тщательный сравнительный анализ с целью выявления преимуществ и недостатков.

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) на основе имеющейся проектной документации в программном комплексе Revit была создана многофакторная информационная модель, служащая площадкой дальнейших действий для адаптации ее к нуждам эксплуатации;

3) определены основные пути достижения поставленной цели, обладающие различными экономическими и качественными результатами их реализации посредством программных комплексов Navisworks Freedom и BIM 360 Ops;

4) разработаны две автоматизированные системы эксплуатации жилого многоквартирного дома: в упрощенном варианте, а также в виде полноценной версии.

По итогам достижения поставленной цели, можно судить о целесообразности применения подобной методики в современных реалиях строительного производства. Подобная система эксплуатации (преимущественно второй вариант), несомненно, найдет достойное применение в работе эксплуатирующих организаций по реализации как постоянного обслуживания жилого фонда или исправлении чрезвычайных ситуаций, так и планировании текущего ремонта, так как диаграммный подход отображения информации позволяет выявлять первостепенные задачи, а следовательно, задачи, требующие финансирования в первую очередь.

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-vzyalsya-bim-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 (дата обращения: 19.12.2016).

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 (accessed: 08.03.2016).

10 Утверждены новые своды правил по BIM [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.minstroyrf.ru/press/utverzhdenu-novye-svody-pravil-po-bim/> (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-modelirovanie-zdaniy-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 //

Цикл авторских публикаций об информационном моделировании зданий. — 2013. – URL: 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 (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/img/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. –

2015. – URL: http://neolant.ru/press-center/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 (дата обращения: 15.10.2017)

26 Эксплуатация зданий с применением BIM-моделей [Электронный ресурс]. – URL: <http://bimconsult.ru/services/ekspluataczija-zdaniij-s-primeneniem-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 (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/bim-technology/> (accessed: 14.10.2017).

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).