

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)
Высшая школа экономики и управления
Кафедра «Прикладная экономика»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент, главный инженер
Дирекции социальной сферы
Свердловской железной дороги
– филиала ОАО «РЖД»

_____ П.М. Кук
_____ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой, к.э.н,
доцент

_____ Т.А. Худякова
_____ 2019 г.

Экономический эффект применения технологий
информационного моделирования в эксплуатации объектов
социальной инфраструктуры

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 38.04.01.2019.942. ПЗ ВКР

Руководитель проекта, профессор,
д.т.н.

_____ Е.В. Гусев
_____ 2019 г.

Автор работы
студент группы ЗЭУ–331

_____ К.В. Бородулин
_____ 2019 г.

Нормоконтролер, старший
преподаватель

_____ М.Г. Трубеева
_____ 2019 г.

Челябинск 2019

АННОТАЦИЯ

Бородулин К.В. Экономический эффект применения технологий информационного моделирования в эксплуатации объектов социальной инфраструктуры. – Челябинск: ЮУрГУ, ЗЭУ–331, 2019. – 105 с., 5 ил., 5 табл., библиогр. список – 46 наим., 4 прил.

Данная работа посвящена разработке комплексного подхода в эксплуатации зданий и сооружений на основе технологии информационного моделирования.

Целью работы является оценка экономического эффекта применения технологии информационного моделирования в эксплуатации объектов, а также разработка алгоритма внедрения технологии моделирования в эксплуатации объектов социальной инфраструктуры.

Объектом исследования выступила Дирекция социальной сферы – структурное подразделение Свердловской железной дороги – филиала ОАО «Российские железные дороги». Предмет исследования – техническая эксплуатация ДКЖ им. Андреева г. Екатеринбург.

В работе раскрываются теоретические основы цифровой экономики и информационного моделирования зданий и сооружений. Производится сравнение отечественного и зарубежного путей внедрения и применения BIM-технологий. Рассматриваются основные подходы в эксплуатации зданий и сооружений, существующая нормативная база по данному вопросу. В качестве вывода рассчитывается экономическая эффективность мероприятий, направленных на повышение эксплуатационных характеристик объекта.

Практическая значимость исследования заключается в разработке комплексного подхода в эксплуатации зданий и сооружений, а также алгоритма внедрения технологий информационного моделирования в эксплуатирующей организации.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭКОНОМИКЕ.....	8
1.1 Цифровая экономика как важнейший инструмент управления социально-экономическими системами	8
1.2 Анализ понятийного аппарата информационного моделирования	15
1.3 Анализ применения технологий информационного моделирования на практике.....	30
2 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ.....	39
2.1 Понятие и основы эксплуатации зданий и сооружений	39
2.2 Инфраструктура социальной сферы ОАО «РЖД»	47
2.3 Технические характеристики и особенности эксплуатации Дворца культуры железнодорожников им. Андреева г. Екатеринбург.....	59
3 ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	70
3.1 Этапы внедрения технологий моделирования в эксплуатации объектов социальной инфраструктуры.....	70
3.2 Оценка экономического эффекта применения технологий информационного моделирования в эксплуатации объектов.....	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	91
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	94
ПРИЛОЖЕНИЯ	99
ПРИЛОЖЕНИЕ А. План здания ДКЖ им. Андреева, г. Екатеринбург	99
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Здание ДКЖ им. Андреева, г. Екатеринбург.....	102
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Малый зал Дворца культуры им. Андреева.....	103
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Форма паспорта здания	104

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время развитие технологической инфраструктуры и использование больших баз данных вызвали масштабную цифровую трансформацию нашего общества.

Глобальный переход на «цифру» неминуемо может привести к неузнаваемости многих секторов экономики. По сути, идет процесс цифровизации всего – меняется технологический уклад и производственные цепочки, меняется управляемость спросом и производством.

В соответствии с данными тенденциями в ОАО «РЖД» разрабатываются концепции развития, опирающиеся на цифровизацию управления. Для реализации поставленных задач необходимо совершенствовать системы железнодорожной автоматики и телемеханики, создавать цифровые модели объектов инфраструктуры, развертывать сети цифровой радиосвязи.

И если железные дороги хотят оставаться конкурентоспособными по сравнению с другими видами транспорта, то они должны приспосабливаться к инновациям. Это означает, что, прежде всего, должна увеличиваться доля интеллектуальных систем.

Важным сегментом транспортного рынка, где должна рассматриваться конкуренция являются непрофильные виды деятельности железнодорожного транспорта, в состав которых, в первую очередь, входит содержание социальной сферы и прочих видов работ. К содержанию объектов социальной сферы относится содержание объектов жилищного хозяйства, техническое обслуживание водопроводных, теплопроводных, электрических сетей внутри зданий, центральное отопление, бытовое обслуживание, содержание детских садов, домов культуры, санаториев и другие услуги социальной сферы.

В вопросах эксплуатации зданий и сооружений необходимо рассматривать эффективность и экономическую оправданность работ, выполняемых в рамках текущих и капитальных ремонтов. Безусловно, в первую очередь мероприятия должны быть направлены на поддержание технического состояния объекта,

обеспечение его бесперебойной работы и безопасных условий для находящихся в нем людей и окружающей среды. Но не стоит забывать, что мероприятия также должны отвечать целям повышения эксплуатационных характеристик объекта, снижения потребления топливно-энергетических ресурсов, то есть снижения эксплуатационных расходов.

В виду того, что любое здание представляет собой единую объемную строительную систему, которая состоит из несущих и ограждающих конструкций, систем водоснабжения и водоотведения, систем вентиляции и кондиционирования, электросетей, систем отопления, в вопросах эксплуатации также необходимо применять комплексный подход. Необходимо рассматривать объект как единый «организм», и соответственно результат реализации проводимых мероприятий нужно оценивать по отношению ко всем элементам этого «организма».

Технологии информационного моделирования зданий и сооружений в полной мере отвечают поставленным задачам. Применение данного подхода позволяет создать информационную модель здания, восполнить базу технических данных об объекте, анализ которых позволит наиболее эффективно планировать эксплуатационную деятельность, снизить расходы на содержание и как следствие получить экономическую выгоду.

1 ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭКОНОМИКЕ

1.1 Цифровая экономика как важнейший инструмент управления социально-экономическими системами

В настоящее время развитие технологической инфраструктуры и использование больших баз данных вызвали масштабную цифровую трансформацию нашего общества. И если предыдущий этап цифровизации характеризовался расширением доступа в интернет для миллионов потребителей, то новый этап отличает интеграция широкого спектра цифровых сервисов, продуктов и систем в физические процессы. Глобальный переход на «цифру» неминуемо может привести к неузнаваемости многих секторов экономики.

Благодаря развитию экономических отношений, мобильных коммуникаций и интернета, а также уменьшению затрат на товары и услуги появилось такое понятие как цифровая экономика, то есть экономическая деятельность, основанная на цифровых технологиях. Термин «цифровая экономика» ввел в 1995 году американский ученый-информатик Николас Негропonte. В настоящее время этот термин употребляется по всему миру, однако процесс наименования еще не завершен и понятие остается размытым. Владимир Иванов, доктор экономических наук дает широкое определение: «Цифровая экономика – это виртуальная среда, дополняющая нашу реальность». Действительно, даже главный инструмент экономики – деньги, является придуманным измерением стоимости товаров и услуг и благодаря появлению компьютера появились электронные деньги, которые упростили товарно-денежные отношения. В свою очередь, Мещеряков Роман, доктор технических наук выделил два подхода к пониманию термина «цифровая экономика» – классический, то есть экономика основана на цифровых технологиях в области электронных товаров и услуг, и расширенный – это экономическое производство с использованием цифровых технологий.

Также профессор говорит о том, что виртуальность совмещена с реальностью в данное время. Александра Энговатова, кандидат экономических наук, описала цифровую экономику как экономику, которая основана на новых методах передачи, генерирования, хранения, обработки данных.

Наиболее емким представляется следующее определение: цифровая экономика – это хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, их обработка и использование результатов анализа, по сравнению с традиционными формами хозяйствования, позволяет существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг.

Таким образом, можно утверждать, что цифровой экономикой можно охватить все, что поддается формализации, ведь цифровая экономика влияет на все секторы социальной деятельности и производства. Однако последствия не сводятся к разработке и продаже программного обеспечения. Информационная индустрия начинает преобладать в экономике, а производство становится все более инновационным и наукоемким [35].

Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» была утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28.07.2017 № 1632/р. В конце 2017 – начале 2018 года были утверждены планы мероприятий программы по пяти направлениям. В национальную программу вошли следующие федеральные проекты.

1. Информационная инфраструктура.

Проект включает в себя создание инфраструктуры передачи данных для органов государственной власти и домохозяйств, для медицинских и образовательных организаций, развитие инфраструктуры мобильной и спутниковой связи нового поколения, создание инструментов планирования развития сетей связи и стимулирование развития отрасли связи, развитие сетей связи на объектах транспортной инфраструктуры, создание глобальной конкурентоспособной инфраструктуры обработки и хранения данных на

территории России, внедрение цифровых технологий и платформенных решений в сферах государственного управления, бизнеса и общества, создание комплексной системы финансирования проектов по разработке и внедрению цифровых технологий и платформенных решений, включающей в себя венчурное финансирование и иные институты развития.

2. Кадры и образование.

В проект входит обеспечение цифровой экономики компетентными кадрами, поддержка талантливых школьников и студентов в области математики и информатики, содействие гражданам в освоении цифровой грамотности и компетенций цифровой экономики.

3. Информационная безопасность.

Проект включает создание условий для глобальной конкурентоспособности в области экспорта отечественных разработок и технологий обеспечения безопасности информации, обеспечение устойчивости и безопасности функционирования информационной инфраструктуры и сервисов передачи, обработки и хранения данных, обеспечение защиты прав и законных интересов личности, бизнеса и государства от угроз информационной безопасности в условиях цифровой экономики, обеспечение использования отечественных разработок и технологий при передаче, обработке и хранении данных.

4. Формирование исследовательских компетенций и технических заделов.

В проект входит формирование спроса на передовые российские цифровые технологии, продукты и платформенные решения, поддержка российских высокотехнологичных компаний – лидеров, разрабатывающих продукты и платформенные решения для цифровой трансформации приоритетных отраслей экономики и социальной сферы, разработка и реализация дорожных карт развития перспективных «сквозных» цифровых технологий, создание цифровых платформ для реализации исследований и разработок по направлениям «сквозных» цифровых технологий.

5. Нормативное регулирование.

Включает такие направления, как цифровая трансформация государственных (муниципальных) услуг и сервисов, контрольно-надзорной деятельности, государственной (муниципальной) службы, создание сквозной цифровой инфраструктуры и платформ, разработка и внедрение национального механизма осуществления согласованной политики государств – членов Евразийского экономического союза при реализации планов в области развития цифровой экономики.

Общий бюджет программы до 2020 года составляет более 500 млрд. руб. Самым дорогим является направление «Информационная инфраструктура» – 436,6 млрд. руб. [35].

Рассматриваемый федеральный проект «Цифровая экономика» исходит из того, что одним из ключевых элементов устойчивого экономического развития России должно стать развитие цифровой инфраструктуры и профессионализма трудовых кадров в области цифровой экономики. Реализация программы позволит создать благоприятные условия для применения информационных и коммуникационных технологий в России. Будет усовершенствовано законодательство РФ, административные процедуры и бизнес-процессы коммерческих организаций, в частности, в электронной форме [20].

Одна из задач государства в промышленной отрасли состоит в том, чтобы содействовать структурным сдвигам в промышленности в направлении ее инновационного развития, поддерживать предпринимательство, развитие малого бизнеса, стимулировать накопления и инвестиции. Организация производства и управления современным предприятием, безусловно, осуществляется на основе цифровых технологий. Это системно организованная совокупность методов и средств поиска, сбора, обработки, хранения, передачи и защиты информации и знаний для решения задач управления на базе развитого программного обеспечения. В результате такой обработки первичной информации получается

информация нового качества, на основе которой и вырабатываются оптимальные управленческие решения [14].

Среди основных проблем управления информационным обеспечением инновационной деятельности предприятий присутствуют следующие:

- высокая стоимость информационной системы и программных модулей;
- защита информации в условиях глобализации экономического и информационного пространства;
- потребность обучения персонала;
- необходимость формирования новых механизмов и методов управления процессом принятия решений;
- необходимость обеспечения теснейшей взаимосвязи между структурными подразделениями;
- непрерывности движения информационных потоков в рамках реализации инновационной деятельности.

Основными технологическими трендами в сфере цифровой трансформации промышленности являются:

- массовое внедрение интеллектуальных датчиков в оборудование и производственные линии;
- переход на безлюдное производство и массовое внедрение роботизированных технологий;
- переход на хранение информации и проведение вычислений с собственных мощностей на распределенные ресурсы («облачные» технологии);
- сквозная автоматизация и интеграция производственных и управленческих процессов в единую информационную систему;
- переход на обязательную оцифрованную техническую документацию и электронный документооборот («безбумажные» технологии);
- цифровое проектирование и моделирование технологических процессов, объектов, изделий на всем жизненном цикле от идеи до эксплуатации (применение инженерного программного обеспечения);

- развитие технологий промышленной аналитики;
- прогнозирование качества;
- отслеживание состояния;
- совместное использование ресурсов;
- мгновенное реагирование.

Включение данных технологических трендов в программу развития промышленных предприятий поможет обеспечить им конкурентные преимущества, так как цифровизация позволяет повысить эффективность и качество в производстве, а также дает широкие возможности для новых моделей управленческих решений на основе прогностических технологий. Совершенствование корпоративного управления становится ключевой стратегической задачей развития и жизнедеятельности любого предприятия, решать которую помогают цифровые технологии [22].

С точки зрения совершенствования способов управления инновационными процессами характер модернизации должен быть организационно-экономическим и направленным на развитие наукоемких отраслей с помощью собственного научно-технического и инновационного потенциала. Наукоемкие отрасли должны стать инновационным ядром развития российской промышленности. Сегодня техническое моделирование и техническая нормализация производственных процессов и моделей переходят в область строгого процесса управления производством и экономикой, и в целом являются задачей руководителя, а не технического специалиста. Результативность любого квалифицированного специалиста сегодня многократно может быть улучшена благодаря технологиям работы со структурированной цифровой информацией. Данные позволяют оцифровать окружающую бизнес действительность и строить высокоуровневые модели для глубокого бизнес-анализа, когда время на принятие решения ограничивается секундами. Данные открывают новые грани событий и явлений, помогая практикам и подтверждая или опровергая гипотезы теоретиков.

В свою очередь именно цифровые данные заставляют экономику нести значительные издержки и выстраивать инфраструктуру крайне необходимую для их полноценного использования. Центры обработки данных, скоростные сети связи, датчики, распределенные вычислительные мощности – техническая сторона всеобщего процесса глобализации цифровых данных. Предметные приложения, сложные алгоритмы, обучаемые нейронные сети, криптографическая защита, сохранение целостности единиц данных, производительные облачные серверы, интерактивная инфографика, панели индикаторов – это всё широкий фронт развития процессов сбора и оцифровывания данных [13].

Таким образом, ключевым фактором успеха в цифровой экономике являются не технологии, а новые модели управления технологиями и данными, позволяющие осуществлять оперативное реагирование и моделирование будущих вызовов и проблем. Экономические преимущества получают те хозяйствующие субъекты, которые имеют не только доступ к данным, но также эффективные технологии их обработки. Целью контроллинга (управленческого учета) организации является подведение итогов деятельности, анализ и оценка эффективности использования вверенных менеджерам ресурсов, своевременное и точное предоставление информации для принятия управленческих решений. Для того, что максимально быстро и оперативно собрать нужные данные сотрудники отдела контроллинга зачастую являются инициаторами цифровой экономики, электронного документооборота [26].

Качественный рост экономики возможен при наличии технологий, позволяющих максимально возможно точно оценивать текущее состояние рынков и отраслей, а также осуществлять эффективное прогнозирование их развития и быстро реагировать на изменения в конъюнктуре национальных и мировых рынков. В связи с этим особое значение приобретает развитие информационных технологий, позволяющих выстраивать отраслевую логическую модель. Отраслевая логическая модель – это предметно-ориентированное, интегрированное и логически структурированное представление всей

информации, которая должна находиться в корпоративном хранилище данных, для получения ответов, как на стратегические, так и на тактические бизнес-вопросы. Основное назначение моделей – облегчение ориентации в пространстве данных и помощь в выделении деталей, важных для развития бизнеса [22].

В современных условиях для успешного ведения бизнеса совершенно необходимо иметь четкое понимание связей между различными компонентами и хорошо представлять себе общую картину организации. Идентификация всех деталей и связей с помощью моделей позволяет наиболее эффективно использовать время и инструменты организации работы компании. Таким образом, с целью успешного развития компаниям необходимо объединить две составляющие: аналитическую постановку целей организации с помощью инструментов контроллинга и быструю своевременную обработку результатов.

1.2 Анализ понятийного аппарата информационного моделирования

Бурное развитие информационных технологий в конце 20-го – начале 21-го веков ознаменовало появление принципиально нового подхода в архитектурно-строительном проектировании, заключающемся в создании компьютерной модели нового здания, несущей в себе все сведения о будущем объекте [42].

Это стало естественной реакцией человека на кардинально изменившуюся информационную насыщенность окружающей нас жизни. В современных условиях стало невозможно эффективно обрабатывать прежними средствами хлынувший на проектировщиков огромный (и неуклонно возрастающий) поток «информации для размышления», предваряющей и сопровождающей само проектирование.

Причем поток этой информации не прекращается даже после того, как здание уже спроектировано и построено, поскольку новый объект вступает в стадию эксплуатации, происходит его взаимодействие с другими объектами и окружающей средой, то есть начинается, говоря современным языком, активная фаза «жизненного цикла» здания [45].

Новый подход к проектированию, строительству и эксплуатации объектов получил название информационного моделирования зданий или сокращенно BIM (Building Information Modeling).

Понятие информационной модели здания было впервые применено в 1975 году профессором Технологического института Джорджии Чаком Истманом в журнале Американского Института Архитекторов (AIA) под рабочим названием «Building Description System» (Система описания здания).

В 1986 году англичанин Роберт Эйш в своей статье сформулировал основные принципы этого информационного подхода в проектировании:

- трехмерное моделирование;
- автоматическое получение чертежей;
- интеллектуальная параметризация объектов;
- соответствующие объектам базы данных;
- распределение процесса строительства по временным этапам и т. д.

Примерно с 2002 года благодаря стараниям многих авторов и энтузиастов нового подхода в проектировании концепцию «Building Information Model» ввели в употребление и ведущие разработчики программного обеспечения, сделав это понятие одним из ключевых в своей терминологии [12].

В дальнейшем, в результате деятельности таких компаний, как в первую очередь Autodesk, аббревиатура BIM прочно вошла в лексикон специалистов по компьютерным технологиям проектирования и получила широчайшее распространение, и ее теперь знает весь мир [23].

На сегодняшний день термин BIM, уже получивший в мире всеобщее признание и самое широкое распространение, считается доминирующим в этой области.

Если перейти к внутреннему содержанию термина, то сегодня существует несколько его определений, которые в основной своей смысловой части совпадают, но есть и определенные отличия. Это вызвано тем, что разные специалисты приходили к концепции информационного моделирования зданий

разными путями, поэтому первые понимают BIM-модель как продукт, для вторых – это сугубо процесс моделирования, третьи же определяют и рассматривают BIM с точки зрения практической реализации.

Таким образом, информационная модель здания – это хорошо скоординированная, согласованная и взаимосвязанная, поддающаяся анализу, пригодная к компьютерному использованию, допускающая необходимые обновления числовая информация о проектируемом или уже существующем объекте, которая может использоваться для принятия конкретных проектных решений, предсказания эксплуатационных качеств объекта, составления смет и строительных планов, заказа и изготовления материалов и оборудования, управления и эксплуатации самого здания и средств технического оснащения в течение всего жизненного цикла, проектирования и управления реконструкцией или ремонтом здания, сноса и утилизации здания.

Преимущества технологии информационного моделирования зданий и сооружений приводят к ее повсеместному внедрению в мировую практику управления строительством. Процессы внедрения BIM идут также и в России, однако на данный момент наблюдается некоторое отставание от развитых стран, где практика применения BIM уже широко распространена и позволяет делать выводы о достижении высокой скорости, объема и качества строительства в сочетании с повышением экономической эффективности.

Масштаб внедрения BIM в зарубежных странах объясняется, прежде всего, выгодами от применения этой технологии. Они приобретаются на различных этапах реализации проекта и различных уровнях (на уровне отдельного предприятия, отрасли и государства в целом) [15].

Примеры реализации инвестиционно-строительных проектов различной сложности по всему миру показывают высокую эффективность комплексного и частичного применения технологии информационного моделирования. Наиболее часто отмечается сокращение сроков проектирования и строительства с одновременным сокращением бюджета проекта за счет высокого качества

проектной документации, более точной оценки стоимости строительства, а также эффективного взаимодействия и обмена информацией между всеми участниками проекта. При этом компании, применяющие BIM, открыто признают, что именно эти технологии позволили им повысить экономическую эффективность своей деятельности и поэтому продолжают активно расширять применение BIM в своих проектах.

Высокий уровень применения BIM-технологий в США, ряде развитых стран Европы и Азии объясняется, в первую очередь, тем, что их продвижение происходит не только на уровне отдельных компаний, но и на уровне государства. При этом государство выступает как в роли регулятора в части разработки и утверждения нормативных правовых и нормативно-технических документов, создающих необходимую нормативную инфраструктуру для реализации проектов с применением технологий информационного моделирования, так и в роли заказчика, определяющего применение технологий информационного моделирования в качестве требований для получения государственного заказа. Это делается в целях повышения эффективности расходования бюджетных средств на реализацию инвестиционно-строительных проектов. Подобные требования постепенно вводились государственными заказчиками в США с 2003 года, а в ряде стран Европы и Азии – с 2007 года.

В 2011 году о новой стратегии в области управления строительством, ориентированной на достижение конкурентных преимуществ на мировой арене, объявила Великобритания. В рамках данной стратегии разработана и реализуется методически проработанная единая последовательная программа перехода на технологии информационного моделирования. В рамках программы был подготовлен переход на обязательное применение данных технологий с апреля 2016 года для всех финансируемых из бюджета проектов, в том числе нового строительства, реконструкции, капитального ремонта. Такое решение, принятое на государственном уровне, обеспечило ускоренные темпы внедрения BIM-технологий.

Задача британских BIM-стандартов и сопутствующих документов – обеспечивать интересы государства в области реализации его строительных проектов с использованием технологии информационного моделирования, а также направлять и регулировать переход на BIM всей строительной отрасли Великобритании, что опять же происходит в интересах государства. Есть и третья цель таких разработок – обеспечение британской строительной индустрии дополнительных конкурентных преимуществ на мировом рынке.

В 2011 году в «Правительственной стратегии строительства» («Government Construction Strategy») было сформулировано положение, что с 1 апреля 2016 года все госбюджетные (или с государственным участием) строительные заказы в Великобритании будут получать только те организации, которые их выполняют в рамках технологии информационного моделирования зданий.

В упомянутом документе также признавалось, что на текущий момент нехватка совместимых систем, стандартов и протоколов, а также различные требования клиентов и ведущих дизайнеров сдерживают широкое внедрение BIM, понимаемое как работу всех членов команды с одними и теми же данными. Поэтому усилия правительства предполагалось также направить на разработку стандартов, которые позволят всем участникам проекта осуществлять совместную работу через BIM [34].

В 2014 году кабинет министров Великобритании принял обновленную редакцию стратегии развития строительной отрасли до 2025 года. Центральными целями обновленной стратегии стали снижение затрат на реализацию инвестиционных проектов на 33 % и сокращение продолжительности процесса строительства на 50 % [1].

Официальная позиция, представленная в стратегии, сводится к тому, что сейчас, с повышением сложности и информационной насыщенности инвестиционно-строительных проектов, только через внедрение BIM и вообще цифровых технологий становится возможным устойчивое строительство с обеспечением сокращения продолжительности проекта и повышением его

экономической эффективности. При этом BIM и цифровые технологии воспринимаются как основной инструмент повышения производительности и снижения риска в строительном секторе.

Анализ проектов, реализованных британскими компаниями с применением BIM-технологий, позволил выявить основные преимущества данных нововведений:

- существенная экономия затрат на этапе строительства;
- экономия эксплуатационных затрат;
- повышение точности планирования;
- сокращение временных потерь на внутрифирменные согласования;
- возможность использовать инновационные конструкторские решения;
- обеспечение единого видения целей проекта всеми его участниками.

В США не только быстрыми темпами наращивается применение BIM-технологий организациями инвестиционно-строительной сферы, но и проводятся различного рода исследования эффективности применения BIM, в рамках которых оцениваются основные преимущества и риски перехода на технологии информационного моделирования.

В 2007 году Стэнфордским университетом было проведено исследование 32 крупных проектов с использованием BIM. По результатам исследования были получены следующие данные об эффекте от применения технологий информационного моделирования:

- снижение уровня незапланированных затрат до 40 %;
- точность расчета стоимости проекта в пределах 3 % (без BIM – до 10 %);
- сокращение продолжительности формирования сметной документации – до 80 %;
- экономия до 10 % от стоимости контракта за счет высокого качества проекта и устранения коллизий;
- сокращение продолжительности реализации инвестиционно-строительного проекта до 7 % [1].

Такие высокие результаты подтверждаются данными многих кейсов. Так, например, строительство Hilton Aquarium, Атланта, Джорджия (общая стоимость проекта 46 млн. долларов) выполнялось с использованием BIM.

В ходе работы над инвестиционно-строительным проектом были достигнуты следующие выгоды:

- экономия 600 тыс. долларов США за счет своевременного обнаружения и устранения коллизий;
- экономия 1 143 часов рабочего времени за счет высокого уровня координации, экономия оценивается в 600 тыс. долларов;
- 20 % экономии на материальных затратах.

Другим примером эффективного применения BIM можно считать проект по строительству Центра медицинских наук в Колорадо (11-этажное здание, 540 000 кв. футов, 201 млн. долларов). Применение технологий информационного моделирования позволило получить следующие результаты:

- сокращение запросов на изменения на 37 %;
- сокращение продолжительности строительно-монтажных работ на 2 месяца по сравнению с планом;
- сокращение объемов работ для команды проекта оценивается на уровне 50 %.

Аналитическая компания McGraw-Hill Construction исследовала вопрос оценки показателя рентабельности инвестиций. Данный показатель является одним из наиболее важных при принятии инвестиционных решений. Он показывает эффективность инвестиций и рассчитывается как отношение прибыли к стоимости вложений. Расчет данного показателя нужен для того, чтобы понять уровень ожидаемых от инвестиций выгод.

Выявлено, что значение показателя рентабельности зависит от опыта работы с применением технологий информационного моделирования. Так, в связи с тем, что переход на новую технологию всегда вызывает временное снижение эффективности (сопротивление изменениям, падение производительности,

необходимость получить опыт работы с новой технологией для восстановления темпов работы и т. д.), соответствующая динамика будет характерна и для показателя рентабельности. Со временем, производительность и эффективность поднимается до исходного уровня и даже превышает его.

При этом имеется корреляция между опытом работы в BIM и уровнем экономической эффективности: организации, имеющие больший опыт применения BIM, указывают на более высокую доходность, снижение продолжительности проекта и, соответственно, затрат.

Анализируя опыт азиатских стран, особое внимание следует уделить Сингапуру. Эта страна является одним из лидеров использования BIM не только в Азии, но и во всем мире. Отличительной особенностью развития информационного моделирования в Сингапуре является реализация самой быстрой в мире системы экспертизы и формирования разрешений на строительство.

Этому способствовало то обстоятельство, что в Сингапуре очень быстро осознали потенциал технологии информационного моделирования в строительстве, и своевременно развернули государственную политику по поддержке ее внедрения, включая финансовую поддержку организаций отрасли, внедряющих у себя BIM (только в 2015 году на эти цели было выделено 450 млн. сингапурских долларов).

В настоящее время проекты всех новых объектов строительства в Сингапуре площадью более 5 тыс. кв. метров предоставляются на проверку в министерство строительства BCA (Building Construction Authority) Сингапура в BIM-формате. Под эгидой данного министерства, и с подключением всех заинтересованных сторон, в 2008 году была реализована первая в мире электронная система строительной экспертизы на основе BIM (e-submission). Проектантам необходимо представлять на экспертизу и утверждение только информационные модели архитектурного, конструкторского и инженерного разделов проекта, которые

должны содержать всю информацию, необходимую для определения соответствия требованиям, выдвигаемым заказчиком.

Также существенное значение имела разработанная в 2010 году дорожная карта по BIM для Сингапура (Singapore BIM Roadmap). Основной её целью является повышение к 2020 году эффективности строительства на 25 % за счет использования технологий информационного моделирования и цифрового производства. Также планируется с помощью инновационных технологий сократить число низкоквалифицированных рабочих на строительных площадках.

В июне 2014 был дан старт цифровым технологиям в строительстве во Франции. После шестимесячных консультаций, в декабре был опубликован отчет, призванный убедить всех участников отрасли осуществить переход в цифровой формат, повысить свою квалификацию в этой области, особенно работающим в среднем и малом бизнесе, разработать необходимые инструменты. Тогда же на подготовку плана перехода из компенсационного фонда строительного страхования было выделено 20 млн. евро.

До настоящего времени никаких специальных законов, предписывающих применять BIM во Франции, не принято за исключением введения во французское законодательство директивы Европейского Союза по государственным закупкам (EU Directive 2014 / 24 / EU). Директива введена в действие в апреле 2016 года и обязывает государственного заказчика при закупках требовать применения специальных электронных инструментов, таких как BIM. То есть в настоящее время применение BIM в госзаказе еще не стало обязательным как в Великобритании, но использование таких инструментов поощряется и стимулируется условиями конкурсов.

Для проектов нового качества требуется разрабатывать иные контрактные документы. В положениях контракта должны быть учтены возможные изменения традиционной последовательности реализации проекта: проектная модель позволит руководителю проекта и строителю обнаружить потенциальные коллизии еще до стадии строительства и проверить различные варианты

реализации работ. По мере готовности контракты будут включать обязывающий документ – BIM протокол, положения которого организуют базовые правила коллективной работы и гарантируют надежность проектной модели и целостность данных по ходу развития проекта. Опыт, полученный в ходе реализуемых сейчас проектов, позволит соответствующим образом доработать контрактную документацию для BIM-проектов.

Особое внимание потребуется уделить вопросам интеллектуальной собственности. Действующее во Франции законодательство, регулирующее эти вопросы, будет также распространяться на проектную модель, как ранее на сами проекты и базы данных. В связи с этим должны быть предусмотрены положения контракта, осуществляющие передачу права собственности к заказчику проекта. Очевидно, что для юристов, работающих сейчас с BIM-проектами, появились новые вызовы, требующие изменений прежних контрактов, учета законодательства цифровой сферы, интеллектуальной собственности и новых технологий.

Правительство Гонконга с 2014 года требует применение BIM для всех новых строительных проектов. Южная Корея с 2016 года сделала обязательным BIM для всех строительных проектов стоимостью свыше 50 млн. долларов, и для всех, без исключения, проектов по правительственным заказам.

В Норвегии и Дании с 2010 года все строительные проекты с участием государства должны выполняться с использованием BIM. В Финском правительстве, службы, отвечающие за строительство, требуют для своих проектов применение BIM, согласованное с IFC-стандартами, с 2007 года. Более того, данные северные страны, являясь родиной для некоторых ключевых комплексов проектирования, таких как Tekla и Solibri, одними из первых приняли и освоили модельно-ориентированное проектирование. Длительные снежные зимы в этих странах сделали заводское изготовление компонентов зданий очень привлекательной практикой, которая, в свою очередь, значительно способствовала развитию технологии BIM и стимулировала раннее начало

развертывания BIM в этих странах. Таким образом, использование BIM выглядит естественным ответом на потребности компаний при использовании более продвинутых технологий проектирования и строительства зданий, которые необходимы в этом регионе.

По оценкам некоторых зарубежных аналитиков, внедрение технологии информационного моделирования способно обеспечить значительное сокращение затрат на строительство объектов, финансируемых за счет средств государственного бюджета – на 25 %, а также последующее сокращение расходов на эксплуатацию – более чем на 35 %.

Поэтому неудивительно, что по результатам опроса в США в 2012 году более 70 % участников строительного рынка заявили об использовании технологий информационного моделирования в своих проектах (данные компании McGraw Hill Construction), в Великобритании в 2016 году – 54 % (по данным NBS, National BIM Report). По данным сингапурского государственного агентства по строительству (BCA, Building & Construction Authority), с 2015 года более 80 % всех строительных проектов выполняются исключительно с применением BIM-технологий. К настоящему моменту все (100 %) проектные организации и около 70 % строительных подрядчиков Сингапура применяют BIM на своих проектах.

В России в настоящее время внедрение BIM-технологий все еще находится на начальном этапе. Однако необходимость и потребность в скорейшем освоении технологий BIM уже осознана многими участниками проектно-строительной отрасли и признана на государственном уровне [9].

Так, в марте 2014 года по результатам заседания президиума Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России (Протокол № 2 от 04 марта 2014 года), Минстрою России, Росстандарту, совместно с Экспертным советом при Правительстве Российской Федерации и институтам развития было поручено разработать и утвердить план поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства.

В декабре 2014 года соответствующий План был утвержден Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ (Приказ № 926/пр от 29.12.2014 года, затем приказом № 151/пр от 04.03.2015 года были утверждены корректировки Плана) [27]. Согласно этим документам предполагается решение следующих задач:

– формирование перечня нормативных правовых и нормативно-технических актов и образовательных стандартов, подлежащих изменению или новой разработке. В целях решения этой задачи в 2015 году были отобраны «пилотные» проекты, проектирование которых осуществлялось с применением технологий BIM, а также проведена их экспертиза. Одним из первых был рассмотрен проект городской поликлиники, выполненный с применением BIM-технологий, при этом графическая часть проекта была дополнена информационной моделью, содержащей архитектурную, конструктивную и ряд моделей различных инженерных систем. Проект получил положительное заключение и вышел из экспертизы на несколько дней раньше нормативного срока.

На конец 2015 года в ГАУ «Мосгосэкспертиза» было выдано 7 экспертных заключений на проекты, реализованные с использованием технологии BIM, еще 5 находились в работе. Это проекты объектов разного назначения – поликлиники, школы, торговые центры, жилые дома. Для обеспечения возможности работать с проектами, реализованными в BIM, Мосгосэкспертиза проводит большую работу по повышению квалификации аттестованных экспертов. Кроме того, работает учебный центр, в котором сотрудники постоянно совершенствуют свои навыки работы с BIM-моделями.

Центр госэкспертизы Санкт-Петербурга готов принимать проекты, в состав которых помимо стандартного пакета проектной документации входит комплексная информационная модель объекта, с мая 2015 года. Для внедрения новой технологии специалисты петербургской госэкспертизы прошли обучение по программе «BIM-технологии для экспертной деятельности».

Активно включилась в работу по подготовке к приему проектов с использованием технологии Инспекция государственного строительного надзора Республики Татарстан, эксперты и специалисты которой прошли курсы по информационному моделированию в строительстве и технологиям BIM для экспертной деятельности.

– внесение изменений в нормативные правовые и нормативно-технические акты и образовательные стандарты, разработка новых стандартов и сводов правил для обеспечения поддержки применимости проектов, реализованных с помощью BIM-технологий. Так в 2015 году под руководством ОАО «НИЦ «Строительство» была начата работа над первыми редакциями новых российских стандартов, поддерживающих применение технологий информационного моделирования, на базе анализа и частичного применения ряда стандартов ISO.

– применение требований выполнения проектов в технологиях BIM для отдельных видов заказов на проектные работы и работы строительного подряда, финансируемых из бюджетов РФ различных уровней. Так, начиная с 2016 года, использование технологии информационного моделирования стало одним из основных критериев включения проекта в реестр проектов повторного применения. Это означает, что проекты, прошедшие экспертизу с высокой вероятностью попадают в данный реестр.

– подготовка специалистов различного профиля по использованию технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства. Как отмечалось ранее, специалисты государственных инспекций в обязательном порядке проходят обучение по информационному моделированию в строительстве и технологиям BIM для экспертной деятельности. Стоит также отметить, что передовые строительные компании для решения поставленных задач формируют штат соответствующих специалистов, а зачастую и меняют организационную структуру и связи взаимодействия отделов. По сути подразделения, отвечающие за информационное моделирование, становятся ключевыми звеньями компаний, связывающими все

остальные службы. В ногу со временем идут и образовательные институты, вводя в направления обучения подготовку специалистов по BIM.

Таким образом, данный План предусматривает комплекс мероприятий, направленных на создание условий внедрения BIM-технологий от инфраструктурных (модернизация нормативной базы, создание возможности прохождения экспертизы проектов в органах экспертизы и пр.) до вопросов кадрового обеспечения (подготовка специалистов, способных работать в технологии информационного моделирования), а также вопросов мотивации участников отрасли к применению инновационных технологий через госзаказ.

Технологии трехмерного моделирования не являются абсолютно новыми для проектно-строительной отрасли РФ, в течение последних 10-15 лет они осваивались и применялись отдельными проектными и строительными организациями при реализации отдельных проектов. Причем это касается не только столичных компаний, но предприятий в регионах. В Челябинской области, например, имеют успешный опыт применения BIM-технологий строительные компании ООО СК «Легион», ООО СК «Стройком».

Стоит отметить, что до принятия на государственном уровне решения о внедрении BIM-технологий такие технологии чаще всего применялись в секторе промышленного строительства для реализации сложных технологических объектов – в нефтегазовой отрасли, в атомной энергетике. Особенно эффективно внедрение этих технологий происходило в случаях, когда заказчик, проектная организация и строительный подрядчик являются частью одной коммерческой структуры. В остальных случаях переход на BIM осуществлялся достаточно медленно, лишь отдельными организациями-новаторами, поскольку отсутствовали какие бы то ни было стимулирующие факторы, в том числе отсутствие требований обязательного применения технологий информационного моделирования со стороны заказчика, а существующая нормативная база зачастую являлась препятствием на пути этих инновационных технологий. Фактически первопроходцами стали проектные организации, первыми уловившие

новые возможности и вдохновленные функциональными возможностями, появившимися в программных продуктах для проектирования нового поколения.

Именно государственная поддержка внедрения BIM-технологий, затрагивающая вопросы актуализации нормативной базы и подготовки специалистов, необходима сначала для более активного, а затем и массового перехода участников инвестиционно-строительной отрасли на информационное моделирование взамен традиционным технологиям работы [10].

Следующим этапом стало создание в начале 2016 года Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации Экспертного совета по вопросу поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства. В состав Экспертного совета вошли представители проектировщиков, строителей, девелоперов, органов власти, производителей программного обеспечения, юристов. По сути, Экспертный совет – это консультационный орган, рассматривающий результаты деятельности рабочей группы по внедрению BIM и разработанную нормативно-правовую и нормативно-техническую документацию в области информационного моделирования.

В настоящее время достаточно тяжело оценить масштабы внедрения BIM-технологии в России, поскольку отсутствуют не только статистика экономической эффективности применения технологий информационного моделирования, но даже приблизительные данные о том, сколько организаций инвестиционно-строительной сферы применяют данные технологии и насколько широко используются возможности BIM.

Между тем, проведение такой оценки следует считать необходимым для выявления полного спектра проблем внедрения и применения BIM, а также обмена опытом. Безусловно, в этом направлении еще предстоит сделать очень много работы.

Тем не менее, многие организации не спешат переходить на BIM по различным причинам, среди которых не только недостатки нормативно-правовой

базы и дефицит квалифицированных кадров, но и высокая стоимость программного обеспечения, поддерживающего BIM-технологии. Именно поэтому пионерами в применении технологий информационного моделирования объектов строительства среди российских компаний стали, прежде всего интегрированные компании полного цикла, работающие в цепочке «проектирование – строительство – эксплуатация», которые в полной мере смогли оценить преимущества работы в технологии информационного моделирования на каждом из этапов реализации проекта и получить максимальный экономический эффект от ее внедрения. Такой эффект достигается в силу того, что дополнительные затраты на этапе проектирования прежде всего, за счет высокого качества разрабатываемой проектной документации, особенно на первых этапах внедрения BIM компенсируется значительной экономией бюджета проекта и времени на последующих этапах реализации проекта.

Применение BIM-технологий является мировой закономерностью и в ряде стран предписано на законодательном уровне. Можно констатировать, что повсеместное внедрение BIM-технологий в России, и в первую очередь в крупных агломерациях, является неизбежным.

1.3 Анализ применения технологий информационного моделирования на практике

Для существующих зданий все более актуальным становится внедрение новых технологий для эксплуатации конструкций и инженерных систем зданий и сооружений. Рассматривая проблемы, возникающие при эксплуатации, наиболее важным представляется вопрос обеспечения безопасной эксплуатации зданий.

Сегодня важным аспектом по обеспечению безопасности строительных объектов является качественная и вовремя проведенная оценка физического износа конструкций и сооружений, а также мониторинг этих параметров с целью эффективного контроля их технического состояния. Этот вопрос является достаточно серьезным, и особенно актуальным для крупных мегаполисов, где

преобладают бурные темпы роста строительства, точечная застройка, неустойчивость грунтов.

По нормам, в настоящее время контроль технического состояния жилых зданий осуществляется жилищной инспекцией не реже чем раз 5 лет. Практика показывает, что здания не обследуются вовсе или обследуются не должным образом, а процессы, приводящие к разрушениям зданий, могут протекать между плановыми обследованиями, следовательно, необходимо сокращать интервал между обследованиями, что экономически нецелесообразно. В настоящее время существует много различных методов обследования зданий и сооружений, которые условно можно разделить на три группы: визуальные, инструментальные и инструментально-технические.

В основу визуальных методов положено обследование объектов (конструкций) экспертами по внешним признакам. В основу инструментальных методов – обследование объектов (конструкций) с использованием специальных средств (ультразвуковые приборы, телевизоры, различные измерительные комплексы и др.). Инструментально-технические методы дополняют первые две группы методов использованием специализированного программного обеспечения с применением метода конечно-элементного анализа для решения различного спектра задач. На рисунке 1 показана 3D-модель системы эвакуации людей при пожаре [11].

В целях обеспечения безопасности строительных объектов необходимо также учитывать изменяющуюся сейсмическую активность на планете, новые климатические условия, приводящие к природным катаклизмам, войны, техногенные катастрофы и террористические угрозы: все это основные факторы, увеличивающие требования к прочности и жизнеспособности современных построек.

Поэтому главный вопрос, который интересует сегодня специалистов по работе в чрезвычайных ситуациях – как поведет себя конкретное здание при тех или иных экстремальных воздействиях, другими словами, сколько оно продержится в

случае гипотетической катастрофы, каким будет характер и количественное выражение возможных повреждений или разрушений.

Для этого надо иметь полное представление об устройстве здания, причем такая информация должна быть доступна в режиме реального времени.

Рассмотрим наиболее часто возникающую чрезвычайную ситуацию – пожар. В конкретном случае после выявления очага и силы возгорания необходимо решать вопросы определения направления распространения огня, расчета времени устойчивости конструкций и времени, имеющегося на эвакуацию людей и имущества, вопросы выявления оборудования и материалов, представляющих дополнительную опасность и т. п. Оперативное и самое главное качественное решение этих вопросов становится предельно важным, когда речь идет о здоровье и жизни людей.



Рисунок 1 – 3D-модель в системе эвакуации при пожаре

Технологию информационного моделирования зданий обычно рассматривают в контексте исключительно нового проектирования. Однако в наиболее развитых мировых центрах уже построено так много, что на первое место там выходит именно реконструкция и реставрация имеющихся зданий и сооружений.

Эта сторона использования новой технологии почему-то малоизвестна, но попытки применения BIM к существующим объектам начались практически одновременно с широким внедрением информационного моделирования зданий.

Этап управления и эксплуатации объекта является самым длительным в жизненном цикле. Кроме того, именно он является самым затратным – суммарная стоимость расходов в несколько раз превышает капитальные затраты на строительство здания – а значит, не менее интересным с позиции оптимизации расходов. В связи с этим становятся всё более очевидными преимущества BIM-менеджмента перед традиционной эксплуатацией:

- возможность моделировать изменения в конструкции здания;
- проектирование переоснащения здания новым инженерным оборудованием, доводя его эксплуатационные характеристики до современного уровня требований;
- отслеживание текущего состояние здания (особенно важно для памятников архитектуры) и своевременное принятие мер по реставрации;
- обслуживание инженерной инфраструктуры и самого здания на новом технологическом уровне, и, как следствие, оптимизация затрат, что обеспечивает ежегодную экономию [31].

С технической точки зрения информационное моделирование зданий представляет собой комплексный процесс, основанный на использовании точных и скоординированных данных на всех этапах – от разработки концепции здания до его возведения и сдачи в эксплуатацию. Неоспоримым плюсом данной технологии является возможность симуляции различных процессов, как на этапе строительства, так и при эксплуатации объекта.

BIM-модель здания и всех его систем содержит актуальные данные о состоянии здания и помещений, о сроках планового технического обслуживания и ремонта всех телекоммуникационных и инженерных сетей, информацию об элементах здания и конструкциях, начиная с марки бетона, использованного при строительстве, и заканчивая производителем и типом ламп внутреннего

освещения. Специалисты оперативно получают данные о том, когда было установлено то или иное оборудование, каковы его гарантийные сроки и кто несет за него ответственность. В процессе эксплуатации модель наполняется новыми данными – своеобразное «досье» на здание хранится и актуализируется в едином месте, с возможностью оперативного доступа.

Тем не менее, в случае реставрационной деятельности, а также при реконструкции особо значимых объектов, имеющих статус памятников истории и архитектуры и охраняемых законом, построение информационной модели имеет достаточно серьезную специфику. Очень часто все архитектурные и строительные элементы (декоративное украшение фасадов, кирпичная кладка, оконные рамы, наличники, двери, лестницы, ограждения и т. п.) исторических памятников уникальны, так что здесь не воспользуешься шаблонными данными или предшествующими наработками. Практически для каждого памятника архитектуры все базовые элементы разрабатываются индивидуально. Так что моделирование исторического объекта можно без преувеличения отнести к «высшему пилотажу» в применении BIM.

В данном аспекте информационное моделирование зданий – это мощный и возможно единственный инструмент для решения достаточно важной архитектурной задачи – сохранения средового единства внешнего облика находящихся рядом зданий различных эпох, при этом технология BIM гарантирует новым объектам оптимальные эксплуатационные качества и современное инженерное наполнение. Благодаря этому при всей своей специфике проектно-реставрационная работа с памятниками архитектуры становится столь же технологичной, как и при создании новых объектов.

Внесение изменений в существующее здание – дело очень деликатное. Для исторического сооружения часто добавляется и необходимость его адаптации к эксплуатации в современных условиях. А это уже новые требования к прочности и теплозащите, комфорту, системам отопления, электроснабжения, водоснабжения, пожаротушения и вентиляции.

Проектирование на основе технологии информационного моделирования зданий только входит в нашу жизнь, пройдет какое-то время, и уже все новые объекты будут создаваться по BIM. А вот прежние постройки, в том числе сравнительно недавние, информационных моделей не имеют.

В вопросах обеспечения безопасности строительных объектов создание информационных моделей – одна из главных задач, стоящих перед специалистами по работе в чрезвычайных ситуациях задач. По техническим и экономическим причинам представляется возможным создание моделей особо важных объектов, которых в каждом регионе России сейчас насчитывается по несколько тысяч. К объектам самого повышенного внимания для МЧС относятся общественные здания, рынки, стадионы и плавательные бассейны, торгово-развлекательные комплексы и другие объекты с массовым пребыванием людей, а также промышленные предприятия с особо опасным производством, энергетические сооружения, складские комплексы, объекты атомной и гидроэнергетики.

Совершенно очевидно, что невозможно заранее рассмотреть все возможные чрезвычайные ситуации и отработать оптимальные варианты действий, но имея информационную модель объекта, выполненную по заранее оговоренным требованиям (стандартам), в случае необходимости можно быстро смоделировать возникшую проблему.

Информационная модель здания – это виртуальная модель, результат применения компьютерных технологий. В идеале BIM – это виртуальная копия здания. На начальном этапе создания модели мы имеем некоторый набор информации, почти всегда неполный, но достаточный для начала работы в первом приближении. Затем введенная в модель информация пополняется по мере ее поступления, и модель становится более насыщенной.

Таким образом, процесс создания BIM всегда растянут во времени (носит практически непрерывный характер), поскольку может иметь неограниченное количество «уточнений».

А сама информационная модель здания – весьма динамичное и постоянно развивающееся образование, «живущее» самостоятельной жизнью.

При этом надо понимать, что физически BIM существует только в памяти компьютера. И ею можно воспользоваться только посредством тех программных средств (комплекса программ), в которых она и была создана.

Результатом развития компьютерного проектирования является то обстоятельство, что на сегодняшний день работа на основе CAD-технологий представляется достаточно организованной и отлаженной.

Сейчас, спустя примерно 25 лет после своего появления, формат файлов DWG, создаваемых пакетом AutoCAD, занял место неофициального, но общепризнанного стандарта работы с проектом в CAD-программах и уже начал жить независимой от своего создателя жизнью [36].

То же относится и к формату DXF, разработанному Autodesk для осуществления обмена данными между различными CAD-программами и другими, в том числе вычислительными, комплексами.

Теперь практически все CAD-программы могут принимать и сохранять информацию в этих форматах, хотя их собственные «родные» форматы файлов порой существенно отличаются от последних.

Таким образом, форматы файлов, создаваемых пакетом AutoCAD, стали неким «унификатором» информации для CAD-программ, причем это случилось не по команде сверху или решению некоего общего собрания разработчиков программного обеспечения, а исторически определилось самой логикой естественного развития автоматизированного проектирования в мире.

Эксплуатационная модель здания обеспечивает современный уровень обслуживания здания, позволяя своевременно выявлять и предупреждать проблемы, связанные с эксплуатацией здания. Здесь возможен быстрый поиск неисправностей, мониторинг состояния сложных объектов, единая информационная система по всему комплексу оборудования. Однако не стоит

забывать, что BIM не является «искусственным интеллектом» и гарантией решения всех проблем [25].

Собранная в модели информация о здании может анализироваться на предмет обнаружения в проекте возможных нестыковок и коллизий, но способы устранения этих противоречий находятся всецело в руках человека, поскольку сама логика проектирования еще не поддается математическому описанию.

Например, если в модели уменьшить количество утеплителя на стенах здания, то BIM-программа не выдаст решение, как поступить: увеличить толщину материала, поменять тип теплоизоляции или изменить систему отопления помещений. Решение в любом случае остается за службой эксплуатации.

Выводы по первому разделу

Итак, цифровая экономика – это хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, а их обработка и использование результатов анализа позволяет существенно повысить эффективность управления деятельностью компании.

Ключевым фактором успеха в цифровой экономике являются не технологии, а новые модели управления технологиями и данными, позволяющие осуществлять оперативное реагирование и моделирование будущих вызовов и проблем.

Для существующих зданий все более актуальным становится внедрение новых технологий для эксплуатации конструкций и инженерных систем зданий и сооружений. Рассматривая проблемы, возникающие при эксплуатации, особое значение приобретает понятие информационной модели объекта. По сути это числовая информация об объекте, которая может использоваться для принятия конкретных проектных решений, предсказания эксплуатационных качеств объекта, составления смет и строительных планов, заказа и изготовления материалов и оборудования, управления и эксплуатации самого здания и средств технического оснащения в течение всего жизненного цикла.

Сравнительный анализ зарубежного и отечественного опыта применения технологий информационного моделирования показывает, что в России в настоящее время применение BIM-технологий все еще находится на начальном этапе, однако необходимость и потребность в скорейшем освоении технологий уже осознана многими участниками проектно-строительной отрасли и признана на государственном уровне.

Более того, технологию информационного моделирования зданий обычно рассматривают в контексте исключительно нового проектирования. Однако в наиболее развитых мировых центрах уже построено так много, что на первое место там выходит именно реконструкция и реставрация имеющихся зданий и сооружений.

2 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

2.1 Понятие и основы эксплуатации зданий и сооружений

Под эксплуатацией зданий и сооружений понимается комплекс работ по содержанию, обслуживанию и ремонту здания. Другими словами это комплекс мероприятий по обеспечению функционирования, то есть непосредственного использования строения в соответствии с его назначением, и безотказной работы всех их элементов и систем на протяжении как минимум нормативного периода службы объекта.

Эксплуатация зданий и сооружений в первую очередь направлена на обеспечение эксплуатационной безопасности зданий, строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения:

- обеспечение механической безопасности;
- соблюдение норм пожарной безопасности;
- создание безопасных для здоровья человека условий проживания и пребывания в зданиях;
- обеспечение безопасности для работников, находящихся в зданиях;
- создание доступности зданий и сооружений для маломобильных групп населения;
- соблюдение энергетической эффективности;
- создание безопасного уровня воздействия зданий и сооружений на окружающую среду [24].

Общие требования к эксплуатации зданий и сооружений прописаны в главе 6.2 Градостроительного кодекса РФ «Эксплуатация зданий, сооружений».

Основным же документом, наиболее полно раскрывающим нормы эксплуатации объектов, является СП 255.1325800.2016 «Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения», введенный в 2017 году [39].

В данном документе подробно описаны:

- виды эксплуатационной безопасности и классификация зданий и сооружений по функциональному назначению и типам эксплуатационных режимов;
- эксплуатационные требования к зданиям и сооружениям;
- обязанности службы эксплуатации зданий и сооружений;
- организационные основы эксплуатационного контроля;
- организационные основы технического обслуживания зданий и сооружений.

Также в рамках изучения вопроса эксплуатации объектов интерес представляет ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» [7]. Рассматривая данный документ совместно с ВСН 53-86 (р) «Правила оценки физического износа жилых зданий» [2], можно выделить следующие основные положения.

1. Безопасность эксплуатации зданий и сооружений – это комплексное свойство объекта противостоять его переходу в аварийное состояние, определяемое:

- проектным решением и степенью его реального воплощения при строительстве;
- текущим остаточным ресурсом и техническим состоянием объекта;
- степенью изменения объекта (старение материала, перестройки, перепланировки, пристройки, реконструкции, капитальный ремонт и т.п.) и окружающей среды как природного, так и техногенного характера;
- совокупностью антитеррористических мероприятий и степенью их реализации;
- нормативами по эксплуатации и степенью их реального осуществления.

2. Механическая безопасность зданий и сооружений – это состояние строительных конструкций и основания здания или сооружения, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или

здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений вследствие разрушения или потери устойчивости здания, сооружения или их части.

3. Физический износ здания – это ухудшение технических и связанных с ними эксплуатационных показателей здания, вызванное объективными причинами.

Физический износ на момент его оценки выражается соотношением стоимости объективно необходимых ремонтных мероприятий, устраняющих повреждения конструкции, элемента, системы или здания в целом, и их восстановительной стоимости.

Физический износ отдельных конструкций, элементов, систем или участков следует оценивать путем сравнения признаков физического износа, выявленных в результате визуального и инструментального обследования, с их табличными значениями, приведенными в ВСН 53-86 (р) «Правила оценки физического износа жилых зданий», а также на основе «Методики определения физического износа гражданских зданий» [2, 16].

4. В целях комплексной оценки технического состояния зданий, помимо физического износа, возможно также учитывать моральный износ, который может быть связан с дефектами планировки, несоответствием конструкций и инженерного оборудования современным нормативным требованиям, отсутствием какого-либо инженерного оборудования без наличия заменяющего его по функциональному назначению. Таким образом, моральный износ здания – это постепенное отклонение основных эксплуатационных показателей от современного уровня технических требований эксплуатации зданий и сооружений.

Количественную оценку морального износа проводят методом определения размеров затрат на устранение износа в процентах от восстановительной стоимости здания.

5. Под комплексным обследованием технического состояния здания понимается комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров, характеризующих работоспособность объекта обследования и определяющих возможность его дальнейшей эксплуатации, реконструкции или необходимость восстановления, усиления, ремонта.

При обследовании технического состояния здания и сооружения получаемая информация должна быть достаточной для принятия обоснованного решения о возможности его дальнейшей безаварийной эксплуатации, а также для планирования капитального ремонта объекта.

6. Обследование технического состояния зданий должно проводиться в три этапа:

- подготовка к проведению обследования;
- предварительное (визуальное) обследование;
- детальное (инструментальное) обследование.

Подготовительные работы заключаются в следующем:

- ознакомление с объектом обследования, его объемно-планировочным и конструктивным решением, материалами инженерно-геологических изысканий;
- сбор и анализ проектно-технической документации;
- составление программы работ с учетом технического задания.
- составление актов осмотров здания, в том числе дефектных ведомостей;
- сбор и анализ документации о месте и мощности подводки электроэнергии, воды, тепловой энергии, газа и отвода канализации.

Предварительное (визуальное) обследование проводят в целях предварительной оценки технического состояния строительных конструкций и инженерного оборудования, электрических сетей и средств связи по внешним признакам, определения необходимости в проведении детальное (инструментальное) обследования и уточнения программы работ. При этом проводят сплошное визуальное обследование конструкций здания, инженерного

оборудования, электрических сетей и средств связи и выявление дефектов и повреждений по внешним признакам с необходимыми измерениями и их фиксацией.

Результатом проведения предварительного (визуального) обследования являются:

- схемы и ведомости дефектов и повреждений с фиксацией их мест и характера;
- установление аварийных участков;
- уточненная конструктивная схема здания;
- выявление несущих конструкций по этажам и их расположение;
- особенности близлежащих участков территории, вертикальной планировки, организации отвода поверхностных вод;
- оценка расположения здания в застройке с точки зрения подпора в дымовых, газовых, вентиляционных каналах;
- предварительная оценка технического состояния строительных конструкций, инженерного оборудования, электрических сетей и средств связи, определяемая по степени повреждений и характерным признакам дефектов.

Зафиксированная картина дефектов и повреждений для различных типов строительных конструкций позволяет выявить причины их происхождения и может быть достаточной для оценки технического состояния конструкций.

Если результатов визуального обследования для решения поставленных задач недостаточно, а также в случае обнаружения дефектов и повреждений, снижающих прочность, устойчивость и жесткость несущих конструкций здания проводят детальное (инструментальное) обследование.

Детальное (инструментальное) обследование технического состояния здания включает в себя:

- измерение необходимых для выполнения целей обследования геометрических параметров зданий, конструкций, их элементов и узлов;
- инженерно-геологические изыскания;

- инструментальное определение параметров дефектов и повреждений, в том числе динамических параметров;
- определение фактических характеристик материалов основных несущих конструкций и их элементов, которое проводится в соответствии с СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений» [37];
- измерение параметров эксплуатационной среды, присущей технологическому процессу в здании и сооружении;
- определение реальных эксплуатационных нагрузок и воздействий, воспринимаемых обследуемыми конструкциями с учетом влияния деформаций грунтов основания;
- определение реальной расчетной схемы здания или сооружения и его отдельных конструкций;
- определение расчетных усилий в несущих конструкциях, воспринимающих эксплуатационные нагрузки;
- поверочный расчет несущей способности конструкций по результатам обследования;
- анализ причин появления дефектов и повреждений в конструкциях;
- составление итогового заключения с выводами по результатам обследования.

Такое заключение включает в себя:

- оценку технического состояния (категорию технического состояния);
- результаты обследования, обосновывающие принятую категорию технического состояния объекта;
- обоснование наиболее вероятных причин появления дефектов и повреждений в конструкциях;
- задание на проектирование мероприятий по восстановлению или усилению конструкций;

– оценку состояния инженерных систем, электрических сетей и средств связи, звукоизолирующих свойств ограждающих конструкций, шума инженерного оборудования, вибраций и внешнего шума, теплотехнических показателей наружных ограждающих конструкций.

По результатам обследования технического состояния здания составляют паспорт конкретного здания (Приложение Г), если он не был составлен ранее, или проводят уточнение паспорта, если он был составлен ранее.

В компании ОАО «РЖД» приказом № 1198/р от 07.06.2018 года утверждена «Методика определения физического износа зданий, эксплуатируемых ОАО «РЖД» [28].

Данная методика обеспечивает систематизацию и единый подход к определению величины физического износа зданий, эксплуатируемых в компании, позволяет определить риски по снижению эксплуатационной надежности, а также обеспечить объективность при формировании программ текущего и капитального ремонтов зданий в среднесрочном и долгосрочном режиме планирования.

Обобщая вышеизложенное, необходимо отметить, что в ходе обследования здания проводится мониторинг:

- основания и фундамента;
- конструкций здания (железобетонных, каменных, стальных и деревянных);
- балконов, эркеров, лоджий, лестниц, кровли, стропил и ферм, чердачных перекрытий;
- инженерного оборудования;
- систем горячего и холодного водоснабжения;
- систем отопления;
- систем канализации;
- систем вентиляции;
- систем мусороудаления;
- систем газоснабжения;

- водостоков;
- электрических сетей и средств связи;
- звукоизоляции ограждающих конструкций, шума инженерного оборудования, вибраций и внешнего шума;
- теплотехнических показателей наружных ограждающих конструкций.

Обследование зданий и сооружений должно проводиться специализированной организацией, уполномоченной на проведение данных работ действующим законодательством.

Соответственно, в виду узкой направленности строительных компаний, занимающихся подобными исследованиями, для проведения комплексного обследования здания, как правило, привлекаются несколько специализированных компаний. Сложность состоит в том, что отсутствуют единые формы предоставления результатов, и каждая компания представляет итоги обследования, никоим образом не связанные с другими исследованиями.

Безусловно, для комплексного анализа технического состояния различных конструктивных элементов и инженерных сетей, их необходимо рассматривать совместно, другими словами увязывать друг с другом.

Например, в ходе обследования электрических сетей выявлены дефекты, требующие устранения. Принято решение о проведении работ в рамках текущего ремонта. Для этого проведены демонтажные работы внутренней отделки, замена дефектных сетей и узлов, выполнена внутренняя отделка помещений. После этого проводится обследование, или рассматриваются результаты ранее проведенного обследования, систем горячего и холодного водоснабжения в этом же помещении. При выявлении дефектов в этих системах будет необходимо вновь проводить демонтаж внутренней отделки и последующее её восстановление. В данном примере такое стечение обстоятельств кажется невозможным, но ведь и рассмотрены только два элемента инженерных систем здания, а при планировании ремонтных работ необходимо учитывать десятки факторов.

Всё это говорит о необходимости создания единой модели объекта, где вся информация была бы увязана между собой, и её можно было бы рассматривать в комплексе.

2.2 Инфраструктура социальной сферы ОАО «РЖД»

Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» – крупнейший национальный железнодорожный перевозчик, владелец и строитель железнодорожной инфраструктуры общего пользования. По объемам грузовых и пассажирских перевозок и протяженности сети компания входит в число мировых лидеров железнодорожного транспорта.

На сегодняшний день ОАО «РЖД» – это уникальный высокодиверсифицированный холдинг, владеющий развитой железнодорожной инфраструктурой и подвижным составом, выполняющий грузовые и пассажирские перевозки и предлагающий клиентам транспортно-логистические, терминальноскладские и экспедиционные услуги. В год компания перевозит более 1,2 млрд. т грузов и более 1,1 млрд. пассажиров. Учредителем и единственным акционером является Российская Федерация [4].

Вклад компании в ВВП России в 2017 году составил 1,4 %, что делает её одним из крупнейших поставщиков услуг в экономике. Списочная численность персонала составляет более 755 тыс. человек, это около 1 % от общего числа занятых в стране [21, 30].

Стоит также отметить, что ОАО «РЖД» – это компания с уникальным опытом реализации масштабных проектов, инвестиционная программа только в 2017 году составила более 470 млрд. руб., а это около 3 % от всех инвестиций российских компаний в основной капитал.

В рамках стратегических задач инвестиции в первую очередь направляются на проекты развития железнодорожной сети, имеющие общегосударственное значение. Помимо этого компания также концентрирует инвестиционные ресурсы на проектах обновления основных фондов. Особый акцент делается на

реализацию проектов, направленных на обеспечение безопасности жизнедеятельности, включая транспортную и пожарную безопасность, обновление объектов гражданской обороны. Интересны проекты по внедрению ресурсосберегающих технологий и развитию социальной сферы, а также направления, связанные с повышением транспортной доступности для населения страны, которые включают мероприятия по развитию инфраструктуры пригородного пассажирского комплекса, а также реконструкцию вокзальных комплексов дальнего сообщения [44].

В условиях усиления на рынке транспортных услуг конкуренции между железнодорожным и другими видами транспорта, а также конкуренция внутри железнодорожной отрасли, возможности реализации конкурентных преимуществ предприятия определяются его более высоким уровнем имущественного и финансового потенциала по сравнению с конкурентами.

В настоящее время в ОАО «РЖД» разрабатывается концепция Цифровой железной дороги, представляющая целый комплекс технологического управления. Базовые элементы при этом ориентируются на переход к цифровому описанию объектов, непрерывному их мониторингу, применению комплекса вычислительных средств, которые централизуются, включая мобильные системы диагностики персонала.

Для реализации поставленных задач необходимо совершенствовать системы железнодорожной автоматики и телемеханики, создавать цифровые модели объектов инфраструктуры, развертывать сети цифровой радиосвязи. При этом следует использовать системы интервального регулирования, мониторинга состояния технических средств и автоматизации отдельных технологических операций.

Технологическая ИТ-архитектура предполагает комплексный подход к интеграции систем, в котором определены единые принципы управления, унифицированная ИТ-инфраструктура, общие требования к безопасности.

Базовыми элементами для перехода к цифровой железной дороге являются:

- построение цифровых моделей объектов инфраструктуры в едином координатно-временном пространстве;
- создание цифровых сетей связи и высокоточных координатных систем на основе спутниковых сетей высокоточного позиционирования;
- обеспечение непрерывного мониторинга объектов инфраструктуры с организацией автоматической выдачи ограничений скорости и ремонта;
- организация мониторинга состояния подвижного состава внутренними и внешними средствами с возможностью прогнозирования остаточного ресурса;
- разработка комплекса вычислительных средств для дистанционного управления объектами инфраструктуры, формирование оперативных изменений графиков потоков поездов с учетом экономии электроэнергии и обеспечения полной автоматизации отдельных технологических операций;
- применение мобильных средств контроля местоположения персонала и его психофизиологического состояния [30].

Как показывает мировая практика, операции с имуществом предприятия являются механизмом, способным «оживить» инвестиционную активность, для чего необходимо сформировать соответствующую инфраструктуру рынка имущества. Привлечение инвестиционных ресурсов для реструктуризации производства, повышения эффективности хозяйственной деятельности и оздоровления предприятий и экономики страны возможно не только посредством смены собственника, но и путем проведения операций с имуществом вне зависимости от формы собственности.

Важным сегментом транспортного рынка, где должна рассматриваться конкуренция являются непрофильные виды деятельности железнодорожного транспорта, в состав которых, в первую очередь, входит содержание социальной сферы и прочих видов работ. К содержанию объектов социальной сферы относится содержание объектов жилищного хозяйства, техническое обслуживание водопроводных, теплопроводных, электрических сетей внутри

зданий, центральное отопление, бытовое обслуживание, содержание детских садов, домов культуры, санаториев и другие услуги социальной сферы.

В 2017 году была проделана работа по внедрению целевой модели управления недвижимым имуществом в части централизации функций управления имуществом в службах управления имуществом железных дорог, делегирования руководителям филиалов дополнительных полномочий по совершению сделок, передачи имущества на баланс железных дорог [41].

Также в соответствии со Стратегией развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года в ОАО «РЖД» разработана и утверждена Энергетическая стратегия, основанная на регламентирующей политике государства в области энергетики и энергосбережения нормативных актах и документах.

Энергетическая стратегия является составной частью «Комплексной программы инновационного развития холдинга на 2016 – 2020 годы» и устанавливает целевые показатели в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности для филиалов ОАО «РЖД» и подведомственных структурных подразделений [19].

Данная стратегия направлена на максимально рациональное использование энергетических ресурсов, дальнейшую минимизацию негативного воздействия на окружающую среду и поддержания лидерских позиций холдинга в области энергоэффективности железнодорожных грузопассажирских перевозок среди транспортных компаний мира.

С целью выполнения поставленных задач в компании внедрены и развиваются соответствующие направления, нашедшие отображение в многочисленных программных комплексах.

Одним из наиболее значимых комплексов является «Автоматическая Информационная Система Электронный Энергетический Паспорт». В данной программе для каждого здания эксплуатируемого объекта, а их может быть значительное количество, например, под объектом «База отдыха Исеть» понимается совокупность более 30 зданий, это и жилые домики, и

административные постройки, и инфраструктурные сооружения, создается паспорт, который включает в себя следующую информацию:

- технические характеристики (год постройки, общую площадь, этажность, площадь застройки, общую и поэтажную высоту объекта и т.д.);
- конструктивные особенности (тип фундамента, стен и перекрытий, с указанием толщин и применяемых материалов, характеристика кровельной системы, применяемые теплоизоляционные материалы, тип остекления);
- описание инженерных сетей (характеристика электросетей, водоснабжения и водоотведения, описание систем отопления, вентиляции и кондиционирования);
- обеспеченность энергоресурсами (источники получения электроэнергии, тепловых носителей и природного газа, наличие приборов учета энергоресурсов);
- свод потребителей энергоресурсов (описание системы освещения, перечень технологического оборудования, наличие бытовых приборов);
- описание выполненных ранее и планируемых мероприятий по снижению потребления энергетических ресурсов.

Энергетический паспорт разрабатывается в соответствии с требованиями приказа Министерства энергетики Российской Федерации № 182 от 19 апреля 2010 года.

Для получения и обработки необходимой информации в компании в соответствии со статьей 11 Федерального Закона № 261 от 23 ноября 2009 года «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» с установленной периодичностью проводится энергообследование зданий и сооружений, находящихся в эксплуатации ОАО «РЖД» [46].

Целью проведения данного обследования является:

- получение объективных данных об объеме используемых энергетических ресурсов;
- определение показателей энергетической эффективности;

- определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- разработка перечня типовых, общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и проведение их стоимостной оценки [5].

Первый раз энергообследование проводилось в 2012 году. Была собрана и актуализирована вся требуемая информация касательно данного проекта. Также были разработаны мероприятия на последующие 5 лет по снижению потребления энергоресурсов и соответственно повышению энергоэффективности самих объектов.

Данные мероприятия можно разделить на две группы. Первая связана с корректировкой функционирования энергопотребляющих систем: пересмотр режимов работы системы электроосвещения и отопления, введение оптимизированных режимов работы технологического оборудования и т.д.

Мероприятия второй группы представляют больший интерес и дают возможность получения более значительных результатов. Они связаны с внесением конструктивных изменений в здания и сооружения, например, обосновывают необходимость утепления стен, замену остекления или реконструкцию входных групп.

Для каждого мероприятия рассчитывается экономический эффект от его внедрения. В первую очередь проводится технический расчет: определяется снижение потребления топливно-энергетических ресурсов (электрическая, тепловая энергия, дизельное топливо, уголь, мазут, газ и т.д.) после реализации мероприятия. Далее рассчитываются требуемые капитальные затраты в реализацию энергосберегающих мероприятий, которые определяются на основе сметы расходов с учетом стоимости предполагаемого для внедрения оборудования, затрат на выполнения проекта его внедрения, монтажных и пусконаладочных работ. Капитальные затраты могут быть как единовременными, так и распределенными на несколько периодов. В последнем случае составляется

календарный план реализации энергосберегающих мероприятий, где указываются этапы и объем финансирования [32].

Важным аспектом является понимание изменения эксплуатационных расходов, так как внедрение энергосберегающего оборудования с одной стороны снижает расход топливно-энергетических ресурсов, но с другой стороны может вызвать увеличение затрат на обслуживание нового оборудования, заработную плату (например, из-за введения дополнительных штатных единиц) и т. д. [19].

Также для расчета подтверждения экономического эффекта от внедрения мероприятий, если расчет ожидаемого экономического эффекта при разработке технико-экономического обоснования выполнен в действующих ценах, необходимо учитывать влияние инфляции, что особенно заметно при внедрении энергосберегающих мероприятий с продолжительным инвестиционным циклом.

Учет инфляции осуществляется с использованием:

- общего индекса внутренней рублевой инфляции;
- прогнозов изменения уровня макроэкономических показателей.

Для оценки влияния инфляции на эффективность используются следующие показатели:

– общий индекс инфляции за период от начальной точки базового цикла до конца i -го шага расчета (базисный общий индекс инфляции). Он отражает отношение среднего уровня цен в конце i -го шага к среднему уровню цен в начальный момент времени;

– общий индекс инфляции за i -ый шаг, отражающий отношение среднего уровня цен в конце i -го шага к среднему уровню цен в конце шага $i = 1$ (цепной общий индекс инфляции).

Разновидностью индексов цен является индекс переоценки основных фондов, отражающий изменение балансовой и остаточной стоимости фондов.

В расчетах эффективности могут использоваться как усредненные, так и дифференцированные по видам основных фондов индексы переоценки.

Инфляция будет равномерной, если темп общей инфляции не зависит от времени (при дискретном расчете – от номера шага). Инфляция называется однородной, если темпы изменения цен всех товаров и услуг зависят только от номера шага, но не от характера товара или услуги. При однородной инфляции значения коэффициентов неоднородности для каждого продукта равны единице для любого шага. Если для какого-либо шага и/или продукта эти условия нарушаются, инфляция называется неоднородной.

Для учета неоднородности инфляции вводятся базисные коэффициенты неоднородности и коэффициенты неоднородности темпов роста цен для каждого продукта на каждом шаге. Если прогноз инфляции известен на весь расчетный период, то заданными являются общие индексы (или темпы) рублевой инфляции и коэффициенты неоднородности для всех продуктов.

Для стоимостной оценки эффективности могут использоваться прогнозные цены, учитывающие инфляцию с использованием индексов-дефляторов. Индексы цен производителей на внутреннем рынке на перспективу устанавливаются прогнозами МЭРТ России.

Все мероприятия по результатам расчета в зависимости от срока окупаемости и капиталовложений ранжируются следующим образом:

- организационные и малозатратные (срок окупаемости менее года);
- средnezатратные (срок окупаемости от года до пяти лет);
- долгосрочные, крупнозатратные (срок окупаемости свыше пяти лет).

В расчетах ожидаемого экономического эффекта от внедрения энергосберегающих мероприятий рекомендуется учитывать неопределенность, т.е. неполноту и неточность информации об условиях внедрения, и риск, другими словами, возможность возникновения таких условий, которые приведут к изменению значений эффективности. Показатели эффективности, исчисленные с учетом факторов риска и неопределенности, именуются ожидаемыми.

На стадии разработки расчеты эффективности могут иметь низкую надежность в связи:

- с риском неполучения ожидаемых технико-эксплуатационных параметров от использования результатов внедрения энергосберегающих мероприятий;
- с неопределенностью ценовых характеристик;
- с ориентировочно определяемыми масштабами внедрения;
- с ориентировочными сроками внедрения.

Закладываемые технико-экономические параметры, характеризующие условия, для которых выполнены расчеты эффективности, рассматриваются как основной или базисный вариант.

Возможные отклонения технико-экономических и стоимостных параметров от базисного варианта могут вызывать как позитивные, так и негативные отклонения от отвечающих основному варианту значений показателей эффективности.

После расчета показателей экономической эффективности методом анализа чувствительности внедрения энергосберегающих мероприятий проводится анализ рисков. Его сущность заключается в оценке влияния основных исходных параметров на конечные показатели эффективности.

Внедрение энергосберегающего мероприятия считается устойчивым, если при определенных вариациях параметров в возможном диапазоне отклонений оно остается эффективным.

Для оценки устойчивости и эффективности внедрения энергосберегающего мероприятия в условиях неопределенности рекомендуется использовать следующие методы:

- расчет уровней безубыточности;
- метод вариации параметров.

Эти методы предусматривают разработку сценариев реализации в наиболее вероятных условиях и оценку финансовых последствий осуществления таких сценариев. Это дает возможность, при необходимости, предусмотреть в работе меры по предотвращению возникающих потерь [43].

Изменения доходов и затрат при отклонении значений параметров (технических, эксплуатационных, тарифов, цен на продукцию) от базисного варианта определяют новые значения показателей эффективности. Если получаемые при этом значения положительны, то это может свидетельствовать о достаточной устойчивости.

Для учета факторов риска рекомендуется оценивать эффективность использования энергосберегающего мероприятия в зависимости от изменения следующих параметров:

- инвестиционных затрат;
- объема внедрения;
- текущих производственных затрат [17].

Очередное плановое энергообследование было проведено в течение 2018 года, результатом которого стала разработка программ совершенствования объектов в сфере энергоэффективности на 2019 – 2025 гг. Энергообследование проводилось в 4 этапа. Наиболее интересен второй этап, который заключался непосредственно в обследовании зданий и сооружений. Помимо визуального осмотра и проведения геометрических замеров была проведена тепловизионная съемка.

Разработанные в ходе обследования мероприятия на последующие годы в полной мере описаны и подтверждены расчетами в другом программном комплексе «Автоматическая Информационная Система «Энергоэффективность». Данная программа позволяет контролировать объем выполнения запланированных мероприятий и своевременно вносить корректировки.

Необходимо также отметить, что поскольку практически все объекты социальной инфраструктуры являются объектами с массовым пребыванием людей, особое внимание уделяется вопросам пожарной безопасности объектов.

Ведение данного вопроса осуществляется в программном комплексе «Автоматизированная Система Управления Пожарной Безопасностью». С точки зрения эксплуатации зданий и сооружений достаточно важной представляется занесенная в данную программу информация о характеристиках автоматических

систем пожаротушения, их тип, количество и охват помещений объекта. Также вносится и обновляется информация о пожарном водопроводе, пожарных кранах и гидрантах, данных об эвакуационных путях и запасных выходах.

В вопросах обеспечения пожарной безопасности на первый план выходят объемно-планировочные решения зданий и объектов: конфигурация и назначение помещений, ширина коридоров и проходов, расположение окон и дверей, характеристики лестниц, спусков в подвал, выходов на кровлю и балконы.

Достаточно часто в помещениях производится перепланировка для соответствия потребностям изменяющейся хозяйственной деятельности, создаются новые рабочие места, меняются назначения помещений. При данных условиях особенно важно рассматривать не каждое помещение по отдельности, а всё здание целиком, как единый «организм».

Несмотря на наличие определенного количества специализированных программных комплексов, задачей которых является планирование, мониторинг и, в конечном итоге, оптимизация эксплуатационных параметров зданий и сооружений, а также обеспечение соблюдения мер пожарной безопасности, можно констатировать отсутствие единой обобщенной модели. Такая модель, будучи единственной, должна бы была в полной мере объединить в себе всю информацию и отвечать на любые запросы касательно эксплуатации объектов, не ссылаясь на какие-либо другие программы и базы данных.

Отсутствие на сегодняшний день таких моделей объектов объясняется тем, что основным направлением деятельности ОАО «РЖД» является всё-таки далеко не эксплуатация зданий и сооружений, находящихся в собственности.

Тем не менее, непрофильные виды деятельности занимали и занимают заметную долю в экономических показателях работы железных дорог. Так в 2017 году за счет социальной сферы и прочих видов деятельности ОАО «РЖД» получило 8 % доходов и понесло 7,6 % расходов. Несмотря на то, что в целом по этим видам работ железные дороги имеют прибыль, содержание объектов социальной сферы приносит более 1,2 млрд. рублей убытков в год [44].

Поэтому на сегодняшний день поиск путей повышения их доходности находится в зоне повышенного внимания руководства ОАО «РЖД». В первую очередь можно говорить о повышении эффективности управления и эксплуатации объектов.

На сегодняшний день реестр непрофильных активов ОАО «РЖД» включает 4995 объектов недвижимого имущества остаточной (балансовой) стоимостью 9061 млн. руб., в том числе 386 объектов здравоохранения, 915 объектов социального назначения, 105 объектов образования, 113 объектов жилого назначения, 1292 объектов коммунального назначения, 155 автодорожных путепроводов, 2029 объектов иного назначения (рисунок 2) [44].

Если рассматривать уровень Свердловской железной дороги и в частности Дирекцию социальной сферы, то на балансе дирекции находятся 20 объектов:

- дворцов культуры железнодорожников;
- баз отдыха и санаториев-профилакториев;
- детских оздоровительных лагеря;
- спортивных сооружений.

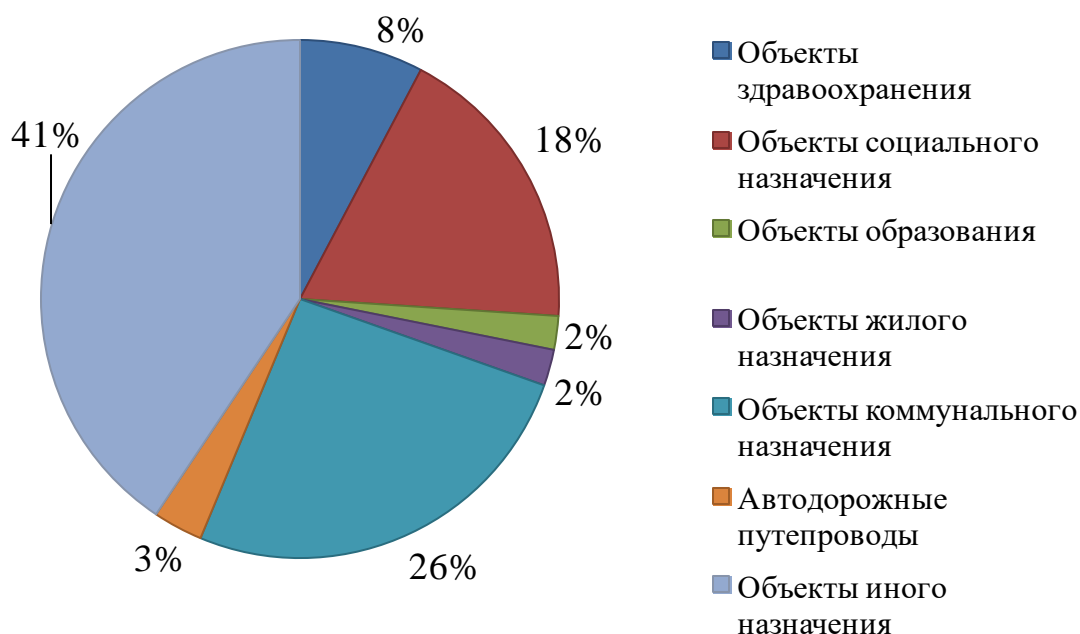


Рисунок 2 – Реестр непрофильных активов ОАО «РЖД»

2.3 Технические характеристики и особенности эксплуатации Дворца культуры железнодорожников им. Андреева г. Екатеринбург

Дворец культуры железнодорожников им. Андреева – старейшее учреждение культуры Екатеринбурга. Здание, в котором он расположен, является исторической достопримечательностью города, а также объектом культурного наследия. Оно было построено в 1933 году по проекту архитектора Константина Бабыкина.

Дворец культуры – это не просто центр культуры железнодорожников и визитная карточка Свердловской магистрали, но и один из основных центров всей культурной жизни города Екатеринбурга. Современный развлекательный, образовательный, досуговый комплекс, уникальным преимуществом которого является его многофункциональность и разнообразие залов. В основном концертном зале постоянно проходят концерты, спектакли, устраиваются музыкальные и танцевальные конкурсы и фестивали, праздничные и торжественные мероприятия, семинары и конференции. Зал оборудован современным звуковым и световым оборудованием. В стенах Дворца находятся конференц-залы, банкетные залы, кафе, кофейня, а также студии для занятий творческих коллективов.

Осенью, 4 октября 2016 года в Театрально-концертном зале «ЦДКЖ» Московской железной дороги состоялся финал конкурса на звание «Лучший объект культуры ОАО «РЖД» 2016 года». По итогам суммы баллов всех номинаций конкурса Дворец культуры железнодорожников города Екатеринбург занял 2 место среди 44 участников и признан победителем в номинации «Видео-презентация».

Рассматриваемый объект расположен по адресу: г. Екатеринбург, ул. Челюскинцев, 102. Согласно имеющейся технической документации представляет собой отдельно стоящее здание, культурно-просветительского назначения, с конструктивной точки зрения – трёхэтажное здание с подвалом, характеристики которого перечислены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики Дворца культуры им. Андреева

№ п/п	Техническая характеристика	Значение
1	Общая площадь, м ²	9806,80
2	Площадь застройки, м ²	6323,00
3	Габаритные размеры, м	118,18 * 80,29 * 17,50
4	Количество этажей, ед.	4
5	Площадь кровли, м ²	5482,49

Фундамент здания выполнен из сборных элементов, в частности железобетонных блоков. В настоящее время не найдено технической документации дающей понимание о конфигурации этих элементов, их типоразмерах, да и элементарно о глубине залегания фундамента. Поскольку данная конструкция заглублена в землю, без проведения специальных исследований визуально установить данные параметры также не представляется возможным.

Стены здания кирпичные, кирпич полнотелый керамический одинарный, кладка на цементно-песчаном растворе, толщина наружных стен достигает 640 мм.

Перекрытия, согласно техническому паспорту, выполнены сборно-железобетонными – 65 %, либо деревянными – 35 %. Железобетонные изделия применены для помещений со значительным пролетом: Большой и Малый залы, фойе Большого зала. Перекрытия подсобных помещений и помещений, где в настоящее время располагаются кабинеты сотрудников Дирекции социальной сферы, выполнены из деревянных конструкций.

В основе кровли здания заложены металлические фермы, причем в элементах стропильной системы также встречаются и деревянные элементы: столбы и подпорки, а также частично обрешетка. Всё это может свидетельствовать о слабо проработанном проекте здания на стадии его возведения, либо о том, что в ходе

строительства по тем или иным причинам проект менялся. В приложении Б представлен Дворец культуры им. Андреева.

В начале 2000-х была произведена замена оконных конструкций, сейчас они представляют собой современные оконные блоки с двойным остеклением.

Входные группы также выполнены из пластикового профиля, достаточно надежны, обеспечивают герметичность помещений первого этажа, выполнены в коричневых тонах, и таким образом соответствуют общему облику здания.

Таким образом, можно констатировать, что имеющаяся информация дает лишь общее представление о конструктивной схеме здания, не описывая конструктивные особенности и, возможно, нюансы, возникшие при строительстве и которые необходимо учитывать в процессе эксплуатации. Также полностью отсутствуют данные об инженерных сетях и системах здания, что особенно важно в виду того, что большинство этих систем проложены скрыто и недоступны для визуального осмотра, речь идёт об электросетях, системах водоснабжения, водоотведения, системах вентиляции и кондиционирования, пожарной сигнализации, слаботочных сетях.

Имеющийся технический паспорт здания датирован 2003 годом и, по сути, представляет собой слепое копирование информации из более раннего документа.

Это связано непосредственно с самим образованием ОАО «РЖД» на базе Министерства путей сообщения России, и очевидно обновлением всей технической и нормативной документации.

В настоящее время становится очевидным, что необходимо обновление имеющегося технического паспорта объекта, другими словами базы данных, которая включала бы в себя:

- общие сведения (наименование, адрес расположения, назначение, балансовая принадлежность, кадастровый и инвентарный номер);
- номинальные характеристики (год постройки или ввода в эксплуатацию, этажность, площадь застройки, площадь здания, балансовая стоимость);
- ситуационный план расположения;

- поэтажный план (с указанием назначений помещений);
- характеристики основных конструкций (фундамент, стены, перекрытия, кровля);
- характеристики вспомогательных конструкций и элементов (окна, двери, перегородки);
- характеристики инженерных сетей и систем (электросети, системы водоснабжения, водоотведения, отопления, вентиляции и кондиционирования, пожарная сигнализация, слаботочные сети);
- перечень установленного технологического оборудования (элементы систем принудительной вентиляции и кондиционирования, освещения, систем отопления, например, электрические котлы и т.д.);
- обеспеченность и источники получения топливно-энергетических ресурсов (электроэнергия, горячее и холодное водоснабжение, отопление);
- наличие установленных счетчиков потребления, утвержденные тарифы на ресурсы, данные о годовом потреблении ресурсов;
- перечень проведенных ремонтов в рамках капитального и текущего списков, с подробным описанием набора работ.

На основе имеющихся в такой базе данных можно проводить анализ хозяйственной деятельности объекта с экономической стороны, можно вывести затраты на потребляемые ресурсы, затраты на проведение текущих и капитальных ремонтов и полученные в результате данных работ экономические выгоды за счет снижения эксплуатационных расходов и повышения энергетической эффективности здания.

Безусловно, конструктивно здание значительно отличается от современных объектов. В настоящее время в строительстве применяются высокоэффективные конструкции и материалы, с высокими эксплуатационными характеристиками, изначально закладываются более высокие требования по режимам эксплуатации, что в первую очередь связано с возросшей в несколько раз нагрузкой на здание. Речь о пропускной способности объекта, используемом технологическом и

бытовом оборудовании, а также размещении в здании ранее не запланированных предприятий, например кафе и ресторанов. Поэтому задача адаптировать здание столь старой постройки под современные реалии представляется достаточно сложной.

Более того, учитывая временной разрыв в технологиях и развитии строительства, также необходимо учитывать и непосредственно сам возраст здания. Определение степени износа здания за почти столетний период, пожалуй, является ключевым параметром в подходе к эксплуатации объекта, его необходимо определить в первую очередь.

Следующим аспектом является уникальность здания. Это накладывает достаточно серьёзные ограничения на возможности внешней отделки, например, не могут быть выполнены современные вентилируемые фасады, в конструкции которых заложено утепление стен со значительным повышением теплотехнических характеристик стен и, соответственно, энергоэффективности всего объекта, не могут быть применены системы вентиляции и кондиционирования, элементы которых будут видны на фасаде здания.

Анализируя обозначенные проблемы, можно с уверенностью констатировать, что в вопросах эксплуатации к данному объекту никоим образом нельзя применить шаблонные подходы, он не является типовым, как, например, жилые дома, построенные по распространенным сериям. Поэтому задачи, возникающие в ходе эксплуатации, представляют собой уравнения с множеством неизвестных. И схоже составлению матриц уравнений в математике, наиболее логичным в эксплуатации представляется создание объемных моделей объектов, позволяющих рассматривать различные вопросы в совокупности.

По типу эксплуатационного режима Дворец культуры им. Андреева относится к зданиям, предназначенным для временного пребывания людей, преимущественно ритмичного характера, а именно к общественным зданиям с большепролетными конструкциями.

В соответствии с СП 255.1325800.2016 «Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения», эксплуатация объектов ведется по следующим основным направлениям:

- капитальный ремонт;
- текущий ремонт;
- текущее обслуживание [39].

Под капитальным ремонтом понимается замена или восстановление строительных конструкций зданий или элементов таких конструкций, за исключением несущих строительных конструкций, замена или восстановление систем и сетей инженерно-технического обеспечения объектов, а также замена отдельных элементов несущих строительных конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы или восстановление указанных элементов [24].

Данное направление эксплуатации ведется в соответствии с утвержденными ежегодно составляемыми титульными списками капитальных ремонтов.

В 2017 году касательно объекта Дворец культуры им. Андреева был проведен капитальный ремонт на сумму 10 млн. руб.

Ремонтные работы были направлены на восстановление и частичную замену систем отопления, водоснабжения и водоотведения. Были пересмотрены планировочные решения организации сантехнических узлов, пересчитаны параметры системы отопления, установлены новые более эффективные элементы отопительной системы.

В 2018 году – на сумму 25 млн. руб. Было выполнено переоснащение Малого зала (приложение В), ранее используемого в качестве концертного, в современный конференц-зал, оборудованный новейшими система селекторной и видеосвязи. Было создано 130 рабочих мест, обеспеченных всем необходимым компьютерным оборудованием, что неизбежно повлекло прокладку новых инженерных сетей. Полностью была пересмотрена система кондиционирования и вентиляции, установлено новое технологическое оборудование.

Также была выполнена перепланировка аудитории закрытых совещаний. Помимо выполнения отделочных работ, были переделаны системы водоснабжения и водоотведения, для создания дополнительного сантехнического узла.

Текущий ремонт – это комплекс мероприятий, осуществляемый в плановом порядке в период расчетного срока службы зданий и сооружений в целях восстановления исправности или работоспособности, частичного восстановления его ресурса, установленной нормативными документами и технической документацией, обеспечивающих их нормальную эксплуатацию. Под нормальной эксплуатацией понимается эксплуатация строительного объекта в соответствии с условиями, предусмотренными в строительных нормах или задании на проектирование, включая соответствующее техническое обслуживание, капитальный ремонт и реконструкцию.

На данное направление эксплуатации также разрабатываются и утверждаются титульные списки текущих ремонтов. В первую очередь планируются обновления отделки помещений, замена устаревших, либо не соответствующих измененным нормам материалов. Так в 2018 году было потрачено более 15 млн. рублей на текущий ремонт выставочного зала, замену покрытия сцены Большого концертного зала, проведение отделочных работ в комнатах для артистов и студии звукозаписи.

Сводные данные по суммам, выделяемым на проведение текущих и капитальных ремонтов в динамике последних пяти лет, представлены на рисунке 3.

Несмотря на значительные суммы, выделяемые на проведение капитальных и текущих ремонтов, наиболее трудозатратным и обширным представляется текущее обслуживание. Отчасти такое заключение базируется на том, что капитальный и текущий ремонты проводятся силами подрядных организаций, текущее же обслуживание – собственными.

Текущее обслуживание заключается в поддержании надлежащего технического состояния зданий и сооружений в части параметров устойчивости,

надежности, а также исправности строительных конструкций, систем и сетей инженерно-технического обеспечения, их элементов в соответствии с требованиями технических регламентов и проектной документации.

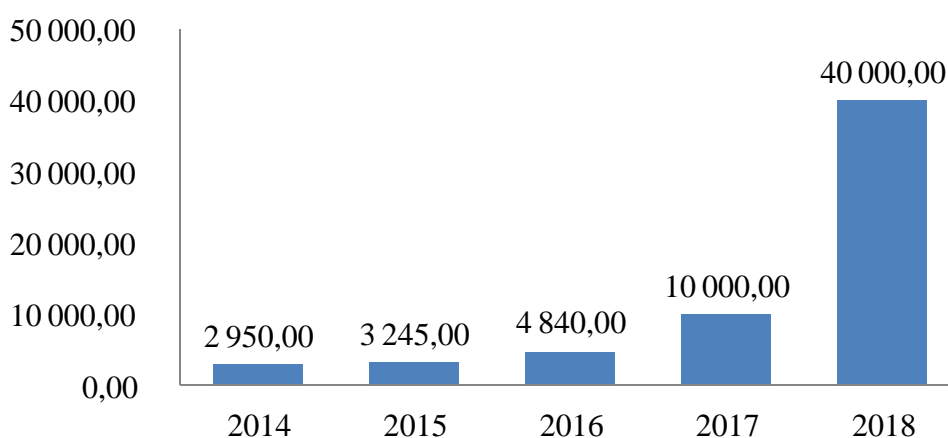


Рисунок 3 – Затраты на проведение текущих и капитальных ремонтов, тыс. руб.

Текущее обслуживание также как и капитальные и текущие ремонты регламентируется внутренними устанавливающими документами, имеет свой план и график проведения работ, конечно за исключением аварийного ремонта. Аварийный ремонт – это unplanned ремонт, вызванный отказом части конструктивных или инженерных элементов здания, приводящим к невозможности выполнения возложенных на них функциональных задач.

Текущее обслуживание зданий и сооружений основывается на проводимом эксплуатационном контроле. Это контроль соответствия параметров технического и санитарного состояния здания или сооружения значениям, обеспечивающим безопасность и проектные условия эксплуатации.

Эксплуатационный контроль технического состояния зданий и сооружений включает в себя осмотры здания, обследования и мониторинг технического состояния здания [3].

Выделяют осмотры текущие, сезонные и внеочередные.

Текущие осмотры для зданий повышенного уровня ответственности осуществляются ежедневно, для зданий иных уровней ответственности – еженедельно.

Сезонные осмотры осуществляют два раза в год:

– весенний общий осмотр проводят после таяния снега в целях выявления появившихся за зимний период повреждений элементов здания, систем инженерно-технического обеспечения и элементов благоустройства примыкающей к зданию территории. При этом уточняют объем работ по текущему ремонту на летний период и по капитальному ремонту на будущий год;

– осенний общий осмотр проводят по окончании летних работ по текущему ремонту, для проверки готовности здания к эксплуатации в зимних условиях [8].

Внеочередные осмотры проводят после явлений стихийного характера или аварий в инженерных сетях не позднее двух дней после стихийного бедствия или техногенной аварии.

В ходе проведения осмотров выполняется технический мониторинг несущих конструкций – систематическое наблюдение за состоянием конструкций в целях контроля их качества, оценки соответствия проектным решениям и нормативным требованиям, прогноза фактической несущей способности и прогнозирования на этой основе остаточного ресурса сооружения, а также технический мониторинг инженерно-технического обеспечения. Под ним понимается совокупность технических и программных средств, позволяющая осуществлять сбор и обработку информации о различных параметрах работы системы инженерно-технического обеспечения здания в целях контроля возникновения в ней дестабилизирующих факторов и передачи сообщений о возникновении или прогнозе аварийных ситуаций в единую систему оперативно-диспетчерского управления города.

На основании результатов осмотров эксплуатирующей организацией может быть принято решение о необходимости проведения:

- аварийного ремонта;
- текущего ремонта;
- внеочередного обследования;
- внеплановых мероприятий по обслуживанию здания [40].

Также в результате проведения осмотров уточняют данные, необходимые для проведения ремонта.

В состав работ по текущему обслуживанию входят:

- исправление незначительных неисправностей, выявленных в ходе осмотров;
- проведение регламентных работ по регулировке и наладке систем инженерно-технического обеспечения, в том числе при подготовке к сезонной эксплуатации;
- проведение работ по подготовке здания к сезонной эксплуатации;
- санитарное содержание помещений здания и прилегающей территории;
- уборка снега;
- обеспечение работоспособности систем мониторинга технического состояния здания.

На эксплуатацию здания Дворца культуры им. Андреева, безусловно, оказывают влияние конструктивные особенности здания столь старой постройки.

Например, как и многие другие жилые сооружения старой довоенной постройки, здание при высокопрочных стенах и фундаменте с нормативным сроком службы 150 лет имеет большепролетные деревянные перекрытия по деревянным балкам, предрасположенным к сверхнормативным прогибам, а пролет между стенками достигает десятка метров.

Действительно с конструктивной и архитектурной точки зрения здание уникально: большие пролеты, двойной свет фойе, объемные помещения Большого и Малого зала с высотами потолков более 7 м, архитектурно-выразительный фасад с колоннами и лепниной, значительные площади остекления, сложные планировочные схемы с большим количеством коридоров и переходов. Всё это накладывает определенные ограничения в принятии решений, связанных с эксплуатацией зданий, и соответственно усложняет задачу обеспечения его нормального функционирования.

Наибольшую проблему составляет нехватка данных об инженерных системах и сетях здания. Ввиду ограниченности данных зачастую принимается решение о

полной замене того или иного участка систем и сетей вместо возможного восстановительного ремонта, что в свою очередь многократно увеличивает стоимость и сроки проведения ремонта.

Выводы по второму разделу

Под эксплуатацией зданий и сооружений понимается комплекс работ по содержанию, обслуживанию и ремонту здания для обеспечения его непосредственного использования в соответствии с назначением. В процессе эксплуатации необходимо проводить обследования здания, результаты которых представляют собой разобщенный набор данных, не увязанных между собой.

Таким образом, для комплексного анализа технического состояния различных конструктивных элементов и инженерных сетей, их необходимо рассматривать совместно, то есть в рамках единой модели объекта, а разрабатываемые на основе анализа информации, полученной из такой модели, мероприятия должны рассматриваться с точки зрения экономической эффективности.

Несмотря на наличие в компании ОАО «РЖД» большого количества специализированных программных комплексов, задачей которых является планирование, мониторинг и, в конечном итоге, оптимизация эксплуатационных параметров зданий и сооружений, а также обеспечение соблюдения мер пожарной безопасности, можно констатировать отсутствие единой обобщенной модели.

Рассматриваемый объект – Дворец культуры им. Андреева – является уникальным объектом старой постройки. Имеющаяся информация дает лишь общее представление о конструктивной схеме здания, не описывая особенностей, которые необходимо учитывать в процессе эксплуатации, отсутствуют данные об инженерных сетях и системах здания, большинство из которых проложены скрыто и недоступны для визуального осмотра.

Таким образом, становится очевидной необходимость обновления имеющегося технического паспорта объекта, базы технических данных, другими словами создания информационной модели объекта.

3 ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

3.1 Этапы внедрения технологий моделирования в эксплуатации объектов социальной инфраструктуры.

Технология BIM предполагает построение одной или нескольких точных виртуальных моделей здания, включая инженерные сети, в цифровом виде. Использование моделей облегчает процесс эксплуатации здания во всех его видах, обеспечивая более тщательные анализ и контроль ремонтных и профилактических работ. Компьютерные модели содержат точную геометрию конструкций, их физическое, функциональное и аналитическое назначение, данные для замены материалов и производства и расчета стоимости строительных работ.

Но необходимо понимать, что переход на информационное моделирование это не просто создание трехмерной модели здания, по большому счету создание масштабных моделей зданий и сооружений идея не текущего десятилетия, даже не этого века. Внедрение BIM это комплексный процесс, состоящий из нескольких этапов. Рассмотрим алгоритм внедрения технологий информационного моделирования применительно к объекту Дворец культуры им. Андреева.

Первый этап будет заключаться в создании команды проекта и нормативной базы в данном направлении. Как и многие другие проекты, проводимые в ОАО «РЖД», например проект энергетического аудита, данный проект предлагается реализовывать с привлечением подрядных специализированных организаций для выполнения определенных этапов работ. Но руководство проектом, контроль его реализации и решение возникающих проблем в любом случае будет находиться в зоне ответственности сотрудников Дирекции.

В структуре предприятия выделен под руководством Главного инженера дирекции производственно-технический отдел и эксплуатационный участок. Таким образом, внедрение технологий представляется возможным в рамках существующей структуры.

Ответственным за реализацию проекта должен быть назначен специалист технического профиля (представитель эксплуатирующей организации), но в команду также должны входить специалисты финансово-экономического сектора и представители управления самим зданием, будут необходимы консультации представителей службы управления персоналом, юридической службой и отдела культурных мероприятий. Для каждого участника проекта должны быть прописаны роли, зона ответственности, обязанности и полномочия.

Таким образом, внедрение технологий информационного моделирования является комплексным проектом, затрагивающим деятельность не только эксплуатационного участка, но практически всех служб и отделов Дирекции. Ведь текущие эксплуатационные характеристики здания определяют его функциональные возможности, готовность к проведению культурных мероприятий с массовым пребыванием людей, что, являясь статьей доходов объекта, в свою очередь определяет его бюджет. Другой статьей бюджета являются затраты на потребление энергетических ресурсов, снижение которых благоприятным образом сказывается на итоговом балансе доходов и затрат.

На данном этапе также необходимо внести изменения в существующую либо разработать с нуля необходимую нормативную документацию. Должны быть разработаны соответствующие регламенты и положения, определяющие положение данного проекта в направлениях деятельности организации.

На этом этапе также необходимо разработать график внедрения проекта, сформулировать цели, задачи и результат внедрения.

Второй этап будет заключаться в сборе исходных данных об объекте, информации об организации, эксплуатирующей объект.

В первую очередь команда проекта должна собрать и предоставить подрядной организации всю имеющуюся информацию касательно здания, определить степень её достоверности и разделить на ту, что достоверно установлена и закреплена в соответствующих документах (чертежах, проектах, актах выполненных работ) и ту, что необходимо проверить в ходе обследования.

В рамках анализа проекта внедрения BIM-технологий ранее уже были озвучены основные проблемы, с которыми сталкивается Дирекция социальной сферы, эксплуатирующая рассматриваемый объект.

1. Имеющиеся данные о техническом состоянии здания, его конструкции, сетях и коммуникациях, объемно-планировочные решения, иными словами база данных устарела и во многом не соответствует действительности. Существующие технические паспорта объекта датируются 2003 годом, естественно за прошедшие годы было произведено значительное количество изменений в рамках капитальных и текущих ремонтов, которые нигде не фиксировались.

Таким образом, предприятию, безусловно, необходимо обновление существующих данных. В первую очередь для обеспечения нормального безаварийного функционирования объекта, далее для более обоснованного планирования капитальных и текущих ремонтов, что особенно важно в условиях ограниченного бюджета и необходимости направлять финансирование именно на те направления, которые действительно в этом нуждаются.

2. В настоящее время данные отображаются в разрозненных программах, зачастую не согласовываются друг с другом либо дублируются.

3. Набор работ, проводимых в рамках капитального и текущего ремонтов, в большинстве случаев корректируется в процессе выполнения работ, поскольку первоначально не представляется возможным с точностью определить весь объем работ, что ведет к увеличению затрат и снижению эффективности хозяйственной деятельности объекта.

Касательно сбора информации об организации, необходимо установить, в каких изменениях в данный момент нуждается организация, на каком

организационном уровне управления будут внедряться изменения, и каковы наиболее важные последствия ожидаются. Безусловно, требуется провести более тщательные исследования насколько организация готова воспринимать изменения, способна ли она одновременно заниматься своей производственно-хозяйственной деятельностью и внедрением BIM-технологии, располагает ли она потенциалом, например, человеческими ресурсами, обладающими необходимой квалификацией, также определить какие ещё ресурсы для этого потребуются.

После получения всей имеющейся информации необходимо составить базу параметров, влияющих на эксплуатацию, то есть определить все параметры, которые мы бы хотели знать об объекте и контролировать. Далее из этих параметров необходимо выделить уже известные и те, которые необходимо определить или проверить в ходе обследования объекта.

Учитывая текущее положение дел, следующий этап, третий, будет самым объемным, и в отличие от ранее обозначенного энергетического аудита, проводимого каждые 5 лет, данный этап необходимо провести однократно, но с максимально возможной тщательностью и точностью. Речь идет непосредственно об обследовании здания.

Непосредственно само обследование, представляющее собой лазерное сканирование объекта, результатом которого является получение исполнительной конструктивной модели здания, проводится с помощью современное измерительное оборудование (тахеометры и 3D-сканеры).

Из-за растущей популярности информационного моделирования, использование трехмерного лазерного сканирования для обследования объектов тоже получило огромную популярность. Одной из основных причин этому служит тот факт, что трехмерное сканирование помогает оптимизировать обмерные работы, не только сокращая сроки их проведения, но и значительно улучшая итоговый результат. Многие современные инструменты позволяют автоматизировать процесс сбора информации о текущем состоянии объекта, а

также предоставлять эту информацию в электронном формате для последующей обработки. Наиболее действенным является лазерное сканирование.

Технология лазерного сканирования – это геодезическая методика измерения, позволяющая создавать доподлинную 3D-модель объекта, представляющую его множеством точек, имеющих собственные координаты в пространстве. Лазерный сканер измеряет координаты точек поверхности объекта, создавая «облако точек», впоследствии преобразуемое в трехмерную модель объекта, 2D-чертеж, набор сечений или исходные данные для разработки BIM-модели.

Его основными преимуществами являются:

- высокий уровень детализации сканирования;
- точность и скорость работы сканера;
- отсутствие человеческого фактора в измерении и обследовании;
- высокий уровень автоматизации замеров и последующего использования данных.

Перед началом работ необходимо проводить рекогносцировку обследуемой местности (осмотр с целью выбора положения геодезических опорных пунктов для обоснования съемок) или прокладывать геодезический ход, впоследствии указывая будущие точки стояния сканера.

Количество позиций для сканирования может достигать нескольких сотен. Существующие сканеры оборудованы фотокамерами, что позволяет каждую точку из облака раскрашивать в соответствующий реальности цвет. Подготовка и сканирование даже для особо крупных объектов зачастую занимает не больше 5 дней. В то же время на обмеры традиционным ручным измерением и ведением абриса обычно уходит не менее месяца.

Другим способом получения информации о характеристиках здания является тепловизионная съемка. Она производится по методу получения информации об объекте путем бесконтактной регистрации всех видов излучения объекта в инфракрасном диапазоне спектра (термографический метод) с помощью прибора – тепловизора.

Тепловизионное обследование зданий производится с целью выявления скрытых дефектов строительства или дефектов, возникших в процессе эксплуатации: трещины в ограждающих конструкциях, некачественное заполнение стыковых соединений железобетонных панелей, просадка утеплителя на фасаде (при его наличии), места высоких потерь тепловой энергии в оконных и дверных проемах и т. д.

Тепловизионная съемка также позволяет определить параметры тепловой защиты здания, которые сравниваются с нормативными значениями. На основании проведенного исследования зданию присваивается класс энергоэффективности.

Тепловизионные измерения наружных поверхностей проводят в зимний или переходный периоды в соответствии с нормами, установленными государством. В случае отсутствия проектно-технической документации, они проводятся при температурном перепаде воздуха во внутренних и внешних помещениях не менее 15 °С. Измерения должны проводиться при отсутствии атмосферных осадков, тумана, задымленности воздуха, инея на поверхностях, прямого солнечного облучения поверхностей. Также обследуемые поверхности не должны находиться в зоне любого солнечного облучения за 12 часов до начала измерений.

Места установки тепловизионной камеры выбирают таким образом, чтобы поверхность объекта измерений находилась в прямой видимости под углом наблюдения. На плане застройки отмечают выбранные точки съемки. Объект фотографируют, регистрируют нарушения и дефекты наружных поверхностей ограждающих конструкций, а также участки, требующие уточнения данных.

Одновременно с тепловизионной съемкой наружных поверхностей здания, происходит регистрация метеоусловий – измеряется температура воздуха, направление и скорость ветра. Измерения проводят также и во внутренних помещениях – температура, подвижность и влажность воздуха.

Затем определяют термическое сопротивление ограждающих конструкций, плотность проходящего через конструкцию теплового потока. Когда измерения

проведены, полученные термограммы обрабатываются и сравниваются с расчетными данными.

Но использование именно лазерного 3D-сканирования для создания высокоточной 3D модели здания лучшая основа для создания BIM проекта (рисунок 4). В настоящее время существует достаточно большое количество программ напрямую работающих с BIM-моделью. В первую очередь к таким программам относятся Autodesk Revit, Autodesk Robot Structural Analysis, SOFiSTiK, Bentley STAAD.Pro, Tekla Structure, ЛИРА-САПР и Advance Steel, SCAD++. Дополняет этот список Autodesk Simulation CFD, в котором можно считать практически все (на рисунке 5 представлена модель, разработанная с помощью данной программы) [29].

Таким образом, производители расчетных программ, в том числе отечественных, самым явным образом развиваются в направлении информационного моделирования.

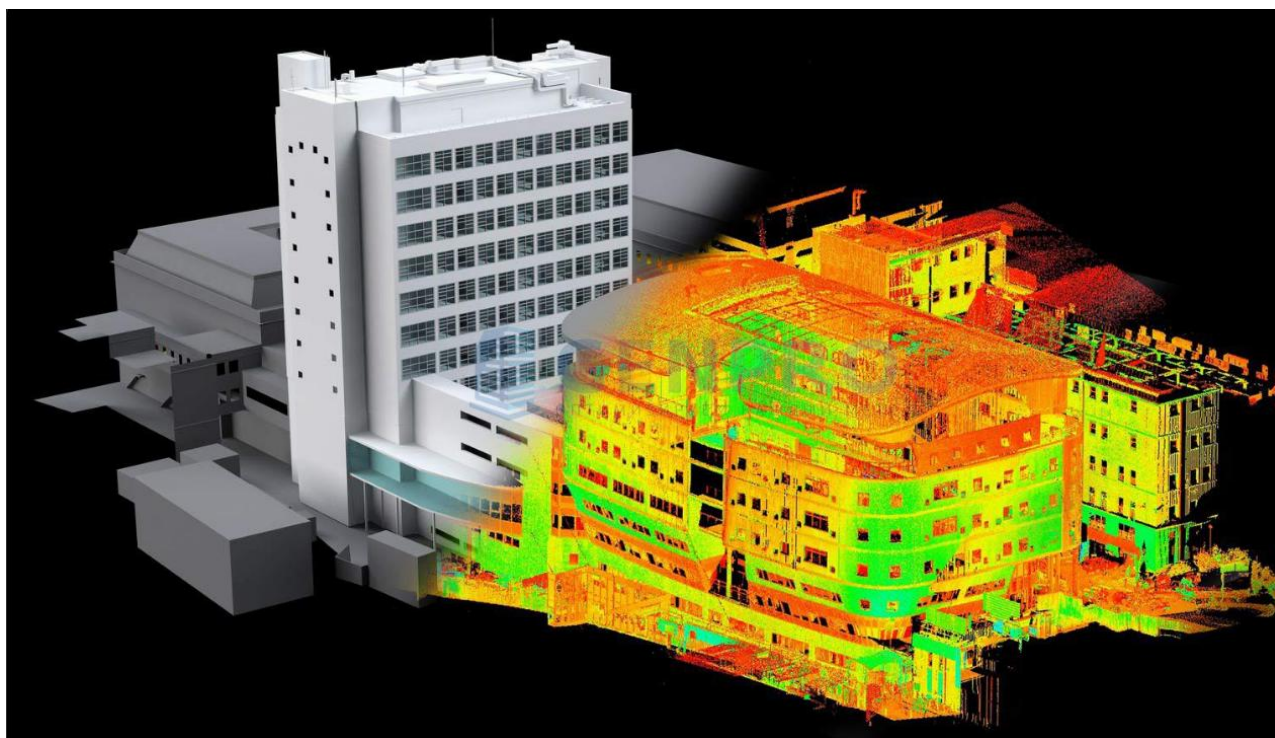


Рисунок 4 – Объемная BIM-модель спроектированного здания

Затем, когда объемная модель готова, ее насыщают информацией, чтобы конструктивная модель превратилась в информационную. В нее заносят

прочностные характеристики материалов, конструктивные особенности, информацию по дефектам, местам вскрытий, местам отбора проб и т. д.

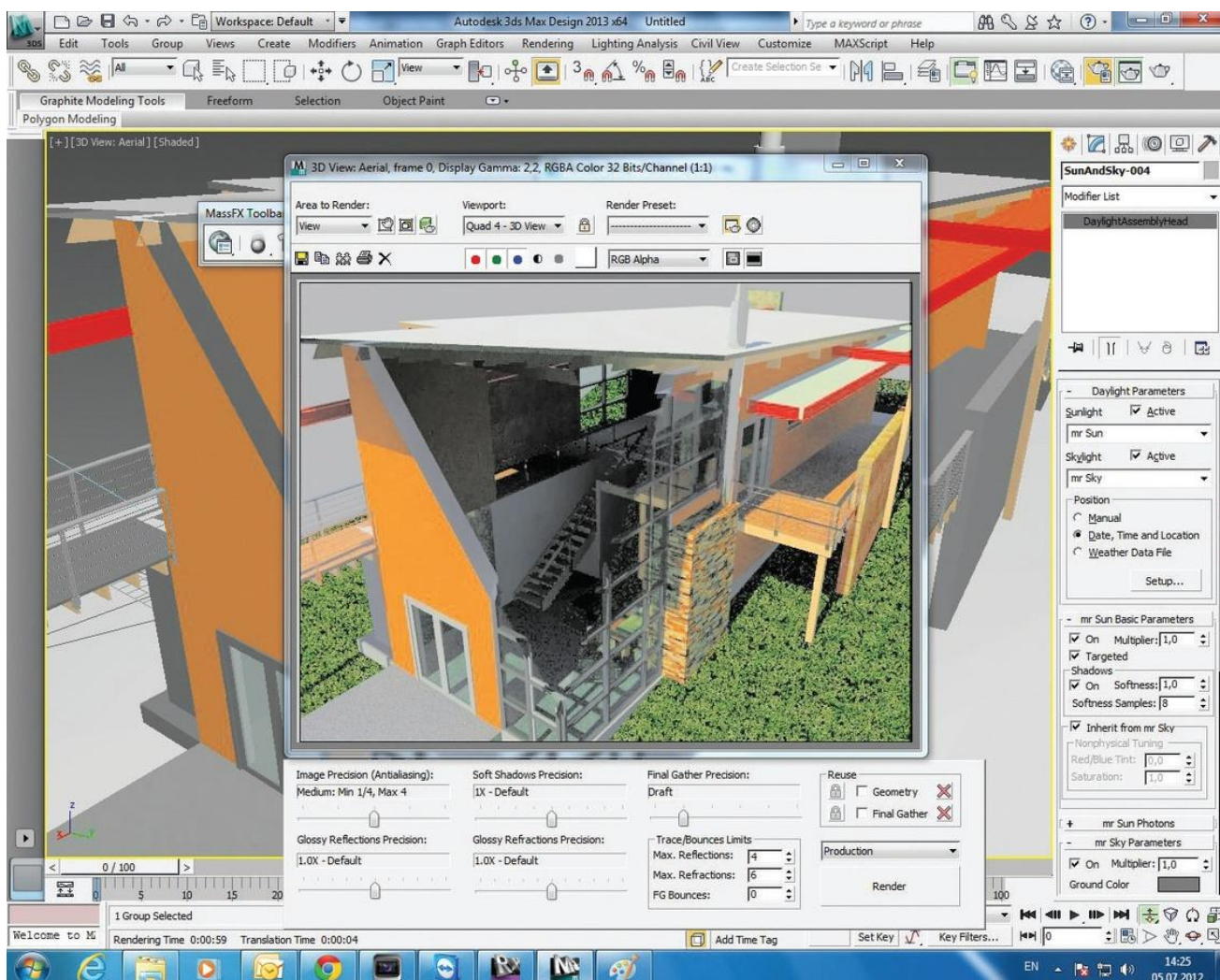


Рисунок 5 – Объемная BIM-модель в Autodesk 3ds Max Design

Следующим этапом является экспорт полученной модели в расчетные комплексы, чтобы можно было рассчитать несущую способность здания и оценить возможности объекта для дальнейшей эксплуатации [6].

Четвертый, заключительный этап, не ограничивается временными рамками. После получения информационной модели, наполненной всей необходимой информацией необходимо сделать срез на данный момент времени. Далее работа будет заключаться в планировании как долгосрочном, так и на ближайшие интервалы времени. Должны разрабатываться наборы работ, которые необходимо выполнить в определенный период времени. Причем первоначально должны определиться все возможные работы, абсолютно всё, что можно рекомендовать

исходя из полученных данных. Их также необходимо разделять на уровни необходимости:

- обеспечивающие безопасную эксплуатацию объекта, т. е. особо важные, необходимые;
- важные, те, что будут оказывать влияние на безопасную эксплуатацию объекта в будущие периоды;
- носящие рекомендательный характер, необязательные, но оказывающие значительное влияние на хозяйственную деятельность объекта.

Далее эти работы должны проходить через сито экономической эффективности. Для каждого проекта ремонта или обслуживания необходимо понимать затраты, получаемый результат, если он может быть оценен в стоимостном выражении, срок окупаемости и индекс доходности.

Безусловно, для проектов первого уровня вне зависимости от показателей экономической эффективности должно быть принято решение о реализации, обсуждению подлежит только вопрос оптимизации проекта, другими словами возможности к снижению затрат.

Касательно проектов второго уровня в ходе экономического анализа необходимо также определить сроки реализации проекта, каким образом временной интервал будет влиять на изменение показателей эффективности.

Проекты, носящие рекомендательный характер, в полной мере могут быть проанализированы в ходе экономического анализа на основе полученных из информационной модели данных.

Далее следует говорить уже не о внедрении BIM-технологий, а о планомерной работе в данном направлении. Информация о проведенных ремонтах и работах по обслуживанию должна заноситься в информационную модель, которая будет «жить» и развиваться по мере того, как будет меняться само здание.

3.2 Оценка экономического эффекта применения технологий информационного моделирования в эксплуатации объектов

Исходя из представленных материалов, можно сделать вывод, что внедрение технологий информационного моделирования в рамках рассматриваемой компании, безусловно, является проектом глобальным. Действительно, он значительно растянут по времени, требует существенного объема и, что немаловажно, качества ресурсов, достаточно наукоемкий, должен реализовываться с привлечением сторонних организаций, и не имеет четко рассчитанного экономического эффекта. Последний фактор во многом определяющий, поскольку, как и любая компания, ОАО «РЖД», даже являясь полностью государственным холдингом, в первую очередь анализируется с точки зрения экономической эффективности производственной деятельности [32].

С другой стороны не представляется целесообразным рассчитывать экономическую эффективность внедрения BIM-технологий только для того, чтобы принять решение стоит внедрять или нет. Такое решение уже принято, и принято современной действительностью, в настоящее время только ставится вопрос, насколько оперативно российские компании переймут передовой зарубежный опыт. Действительно, можно и нужно определить необходимые для внедрения затраты, распределить их во времени, то есть составить график финансирования, определить прочие ресурсы, но получить в денежном эквиваленте результат реализации проекта достаточно сложно. А вот полученные с использованием BIM-технологий в ходе эксплуатации объекта данные, конечно же, следует рассматривать в аспекте экономической оценки.

Также следует учитывать, что на основе полученных данных, могут быть составлены мероприятия, реализация которых не принесет прямых экономических выгод, но их выполнение необходимо для обеспечения нормального функционирования объекта.

Применительно к исследуемому объекту, ДКЖ им. Андреева, рассчитаем экономический эффект реализации мероприятия, основанием для которого могли бы стать данные, полученные из выполненной информационной модели здания.

Смоделируем ситуацию, что в компании, и в частности в Дирекции социальной сферы, технологии информационного моделирования уже внедрены, проведено обследование здания, получена трехмерная модель с наложенной на неё информацией текущих характеристик конструкций, сетей и систем. В числе прочих параметров отдельных элементов можно наблюдать теплотехнические характеристики наружных стен, которые ниже нормируемых для данных конструкций в данной климатической зоне.

Соответственно, данное отклонение ведет к повышенным потерям тепла через ограждающие конструкции в зимний отопительный период. Для поддержания в помещениях здания требуемой температуры затрачивается дополнительное тепло, что отражается в сверхнормативном потреблении тепловых ресурсов, а это в свою очередь ведет к росту эксплуатационных расходов. Исходя из этого, необходимо рассмотреть возможные пути снижения затрат.

В соответствии с требованиями, установленными в постановлении Минстроя РФ № 18-81 от 11.08.1995 года «О принятии изменений № 3 СНиП II-03-79 «Строительная теплотехника», традиционные строительные материалы, такие как железобетон, кирпич и дерево, не способны в однослойной ограждающей конструкции обеспечить требуемое значение термического сопротивления. Оно может быть достигнуто лишь в многослойной ограждающей конструкции, где в качестве утеплителя применяется эффективный теплоизоляционный материал, например, экструдированный пенополистирол [33, 38].

Таким образом, основываясь на знаниях теплотехники и опыте эксплуатации зданий и сооружений, возможное и наиболее эффективное мероприятие будет заключаться в утеплении ограждающих конструкций стен.

Реализация данного мероприятия позволит одновременно достичь множества целей:

- обеспечение высокого уровня энергосбережения, снижение затрат на отопление здания;
- увеличение срока службы несущих стен благодаря уменьшению возникающих температурных деформаций, (все резкие колебания наружной температуры будут восприниматься теплоизоляционным материалом);
- обеспечение прочного и эстетичного фасада здания;
- предотвращение усадочных и механических деформаций стены благодаря малым колебаниям температуры в конструкционном слое;
- значительное ограничение абсорбции влаги через наружную поверхность стены;
- обеспечение своевременного удаления влаги, сконцентрированной внутри системы наружной теплоизоляции, делающее невозможным образование плесени и грибка на поверхности стен внутри здания;
- повышение звукоизоляции наружных стен.

Утепление наружных стен технически может выполняться как изнутри здания, так и снаружи, но с точки зрения устранения выявленных дефектов утепление именно наружной стороны стены является оптимальным. Однако этот процесс отличается повышенной сложностью и трудоемкостью, требует тщательного подбора отделочных материалов, а также штукатурных и клеевых составов. Выполнять работы должны высококвалифицированные специалисты, имеющие лицензию на производство таких работ.

Как разбиралось ранее, данное мероприятие носит рекомендательный характер, поскольку не оказывает влияния на безопасность эксплуатации здания, но оказывает значительное влияние на хозяйственную деятельность объекта. Соответственно необходимо провести анализ данного мероприятия на предмет экономической целесообразности.

Расчет будет производиться в несколько этапов:

- расчет технического эффекта;
- расчет капитальных затрат;
- расчет экономического эффекта.

Технический эффект является базовым для расчета экономического эффективности проекта, так как на данном этапе определяется снижение потребления топливно-энергетических ресурсов, применительно к рассматриваемому мероприятию – тепловой энергии.

Порядок расчета технического эффекта не регламентируется, так как зависит от вида энергосберегающего мероприятия. Общее выражение для расчета технического эффекта:

$$\Delta N_i = N_{1i} - N_{2i}, \quad (1)$$

где ΔN_i – технический эффект, отражающий снижение потребления топливно-энергетических ресурсов i -го вида (электрическая, тепловая энергия, дизельное топливо, уголь, мазут, газ и т. д.), выражается в кВт*ч, Гкал, м³ и т.д.;

N_{1i} – потребление топливно-энергетических ресурсов i -го вида до внедрения энергосберегающих технологий, кВт*ч, Гкал, м³ и т.д.;

N_{2i} – потребление топливно-энергетических ресурсов i -го вида после внедрения энергосберегающих технологий, кВт*ч, Гкал, м³ и т.д.

При расчете технического эффекта необходимо учитывать влияние нескольких энергосберегающих мероприятий на экономию одного и того же вида топливно-энергетических ресурсов. Так, если при расчете технического эффекта, экономия выражается в относительных показателях необходимо сформировать последовательность внедрения энергосберегающих мероприятий, а также базу для расчета эффекта по данному мероприятию скорректировать с учетом внедрения предыдущих энергосберегающих мероприятий и, соответственно, уменьшившегося потребления данного вида топливно-энергетических ресурсов.

При значительном количестве энергосберегающих мероприятий, направленных на экономию одного и того же вида ресурсов, суммарная экономия может превысить 100 %, поэтому для расчета интегрального эффекта нескольких мероприятий целесообразно использовать следующую формулу:

$$\Delta N_{1i} = N_1 * k_{и}, \quad (2)$$

где $k_{и}$ – интегральный коэффициент экономии топливно-энергетических ресурсов, рассчитываемый по следующей формуле:

$$k_{и} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - k_{эi}), \quad (3)$$

где $k_{эi}$ – процент экономии энергетического ресурса для i -го энергосберегающего мероприятия;

n – количество энергосберегающих мероприятий.

Таким образом, рассчитанное значение коэффициента экономии является наиболее приближенным к реальности, чем полученное при простом суммировании процентов эффекта энергосберегающих мероприятий, так как учитывает наложение нескольких эффектов на расход одного вида топливно-энергетических ресурсов.

В данном расчете рассматривается влияние на потребление тепловой энергии только от одного мероприятия, поэтому будет определяться формулой 1.

Расчетно-проектные затраты тепловой энергии на отопление определяется следующим образом:

$$Q = k_{инф} * \alpha * V * q_{от} * D_d * 24 / 1000000, \quad (4)$$

где $k_{инф}$ – коэффициент учета влияния инфильтрации воздуха, табличное значение, принимаем равным 1,3;

α – поправочный коэффициент к расчету расхода тепла;

V – объем здания, m^3 ;

$q_{от}$ – удельная отопительная характеристика, $ккал / ч * m^3 * ^\circ C$;

D_d – градусо-сутки отопительного периода, °С * сут.

Поправочный коэффициент к расчету расхода тепла определяется по формуле:

$$\alpha = 0,54 + 22/(t_v - t_{нро}), \quad (5)$$

где t_v – температура внутреннего воздуха, нормируемое значение, принимаем равным 20,5°С;

$t_{нро}$ – наружная температура для отопления, расчетное значение, принимаем равным –32°С.

Таким образом:

$$\alpha = 0,54 + \frac{22}{20,5 - (-32)} = 0,959$$

Объем здания рассчитывается исходя из геометрических размеров:

$$V = L * D * H_{зд}, \quad (6)$$

где L – длина здания, м;

D – ширина здания, м;

$H_{зд}$ – высота здания, м.

Все величины известны, и приведены ранее, следовательно:

$$V = 118,18 * 80,29 * 17,50 = 166051,76 \text{ м}^3$$

Удельная отопительная характеристика вычисляется по формуле:

$$q_{от} = 1,08 * \frac{\Pi}{F_{зд}} * (k_{ст} + w * (k_o - k_{ст})) + \frac{1}{H_{зд}} * (0,9 * k_{кр} + 0,6 * k_{пол}), \quad (7)$$

где Π – наружный периметр здания, м;

$F_{зд}$ – площадь здания по наружному обмеру, м²;

$k_{ст}$ – коэффициент теплопередачи стен, Вт / м² * °С;

w – коэффициент остекления фасада здания, табличное значение, принимаем равным 0,2314;

k_o – коэффициент теплопередачи окон, Вт / м² * °С;

$k_{кр}$ – коэффициент теплопередачи крыши, Вт / м² * °С;

$k_{пол}$ – коэффициент теплопередачи пола, Вт / м² * °С.

В свою очередь наружный периметр здания и площадь здания по наружному обмеру равняются:

$$\Pi = 2 * (L + D) , \quad (8)$$

$$F_{зд} = L * D, \quad (9)$$

После вычислений получаем, что наружный периметр здания равен 396,94 м, а площадь здания по наружному обмеру – 9488,67 м².

Коэффициенты теплопередачи рассчитываются по следующим формулам:

$$k_{ст} = 1/R_{ст}, \quad (10)$$

$$k_o = 1/R_o, \quad (11)$$

$$k_{кр} = 1/R_{кр}, \quad (12)$$

$$k_{пол} = 1/R_{пол}, \quad (13)$$

где $R_{ст}$ – сопротивление теплопередаче стен, м² * °С / Вт;

$R_{кр}$ – сопротивление теплопередаче крыши, м² * °С / Вт;

R_o – сопротивление теплопередаче окон, табличное значение, принимаем равным 0,5 м² * °С / Вт;

$R_{пол}$ – сопротивление теплопередаче пола по грунту, табличное значение, принимаем равным 13,106 м² * °С / Вт.

В свою очередь сопротивления стен и крыши рассчитываются по формуле:

$$R_{ст} = 0,043 + 0,115 + \sum \delta_i / \alpha_i, \quad (14)$$

$$R_{кр} = 0,0833 + 0,115 + \sum \delta_i / \alpha_i, \quad (15)$$

где δ_i – толщина материала конструкции, м;

α_i – коэффициент теплопроводности материала конструкции, Вт / м*°С.

Подставляя табличные значения и учитывая, что до выполнения работ по утеплению конструкции имеется только один слой конструкции, а именно кирпичная кладка, получаем $R_{ст} = 0,848 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт}$, $R_{кр} = 1,032 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт}$, а коэффициенты теплопередачи $k_{ст} = 1,179 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°С}$, $k_o = 2 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°С}$, $k_{кр} = 0,969 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°С}$, $k_{пол} = 0,076 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°С}$, соответственно.

Зная все неизвестные, можно рассчитать удельную отопительную характеристику здания:

$$q_{от} = 1,08 * \frac{396,94}{9488,67} * (1,179 + 0,2314 * (2 - 1,179)) + \frac{1}{17,5} * (0,9 * 0,969 + 0,6 * 0,076) = 0,064 \text{ ккал} / \text{ч} * \text{м}^3 * \text{°С}$$

Градусо-сутки отопительного периода определяются по формуле:

$$D_d = \tau * (t_b - t_{нро}), \quad (16)$$

где τ – продолжительность отопительного периода, табличное значение, принимаем равным 221 сут.

Таким образом, градусо-сутки отопительного периода $D_d = 5724 \text{ °С} * \text{сут}$.

Теперь, зная все неизвестные, можно рассчитать расчетно-проектные затраты тепловой энергии на отопление:

$$Q = 1,3 * 0,959 * 166051,76 * 0,064 * 5724 * \frac{24}{1000000} = 1820,1 \text{ ГКал}$$

Соответственно данное значение было получено до внедрения мероприятия, теперь необходимо рассчитать потребление после утепления стен. Приведем только те величины, значение которых будут отличаться от полученных ранее.

В первую очередь изменится коэффициент теплопередачи стен, который будет равен:

$$k_{ст2} = 1/R_{норм}, \quad (17)$$

где $R_{\text{норм}}$ – нормативное сопротивление теплопередачи стен, табличное значение, принимаем равным $2,917 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

Тогда, коэффициент теплопередачи стен будет равен $0,343 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$, соответственно, а удельная отопительная характеристика после утепление стен:

$$q_{\text{от}} = 1,08 * \frac{396,94}{9488,67} * (0,343 + 0,2314 * (2 - 0,343)) + \frac{1}{17,5} * (0,9 * 0,969 + 0,6 * 0,076) = 0,051 \text{ ккал/ч} * \text{м}^3 * \text{°C}$$

Вновь рассчитаем затраты тепловой энергии на отопление:

$$Q = 1,3 * 0,959 * 166051,76 * 0,051 * 5724 * \frac{24}{1000000} = 1450,4 \text{ ГКал}$$

Таким образом, эффект, отражающий снижение потребления топливно-энергетических ресурсов, будет равен:

$$\Delta N = 1820,1 - 1450,4 = 369,7 \text{ ГКал}$$

Тариф на тепловую энергию для потребителя установлен в размере $1563,06 \text{ руб} / \text{Гкал}$, следовательно, годовое снижение потребления тепловой энергии в денежном выражении будет равняться $577\,863,3 \text{ руб} / \text{год}$.

Второй этап расчета будет заключаться в определении капитальных затрат на реализацию анализируемого мероприятия.

Капитальные затраты в реализацию энергосберегающих мероприятий определяются на основе сметы расходов с учетом стоимости предполагаемого для внедрения оборудования или используемых материалов, затрат на выполнения проекта его внедрения, строительно-монтажных или пусконаладочных работ.

Капитальные затраты могут быть как единовременными, так и распределенными на несколько периодов. В последнем случае составляется календарный план реализации энергосберегающих мероприятий, где указываются этапы и объем финансирования.

Для рассматриваемого мероприятия капитальные затраты будут заключаться в стоимости теплоизоляционных и отделочных материалов и в оплате услуг

подрядной организации на выполнение строительного-монтажных работ (таблица 3.1). Затраты будут единовременными ввиду реализации проекта в один этап, в краткосрочный временной интервал.

Таблица 3.1 – Характеристики теплоизоляционного материала

№ п/п	Наименование показателя	Обозначение	Формула	Значение показателя
Параметры рекомендуемого материала				
1	Коэффициент теплопроводности экструдированного пенополистерола, Вт / м * °С	λ_y	Табличное значение	0,03
2	Толщина экструдированного пенополистерола, м	δ_y	$\delta_y = (R_{норм} - R_{ст}) * \lambda_y$	0,062

где λ_y – коэффициент теплопроводности экструдированного пенополистерола, Вт / м * °С;

δ_y – толщина экструдированного пенополистерола, м;

$$\delta_y = (R_{норм} - R_{ст}) * \lambda_y \quad (18)$$

$$\delta_y = (2,917 - 0,848) * 0,03 = 0,062 \text{ м}$$

Поскольку теплоизоляционный материал выпускается только заводских геометрических параметров 0,05 м и 0,1 м, принимаем толщину плит экструдированного пенополистерола равную 0,1 м.

Площадь утепляемых стен определяется по формуле:

$$F_{ст} = 2 * (L + D) * H_{зд} - F_{пр} \quad (19)$$

где $F_{пр}$ – суммарная площадь оконных проемов, расчетное значение, принимаем равным 1419,3 м²;

$$F_{ст} = 2 * (118,18 + 80,29) * 17,5 - 1419,3 = 2053,9 \text{ м}^2$$

Сведем все полученные результаты в таблицу 3.2, и рассчитаем общую стоимость теплоизоляционного материала.

Таблица 3.2 – Структура сметы капитальных затрат

№ п/п	Наименование показателя	Обозначение	Значение показателя
1	Толщина материала, м	δ_y	0,1
2	Площадь утепляемых стен, м ²	$F_{ст}$	2 053,9
3	Объем утеплителя, м ³	V_y	205,4
4	Стоимость утеплителя за единицу объема, руб./м ³	$I_{ед}$	1 479
5	Стоимость утеплителя, руб.	I_y	303 786,6
6	Стоимость отделочных материалов, руб.	$I_{отд}$	672 890,4
7	Стоимость комплектующих и расходных материалов, руб.	$I_{расх}$	97 667,7
8	Общая стоимость материалов, руб.	$I_{мат}$	1 074 344,7

Структура капитальных затрат представлена в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Капитальные затраты

Наименование	Сумма, руб.
Теплоизоляционные и отделочные материалы	1 074 344,7
Строительно-монтажные работы	1 540 425,0
Итого	2 614 769,7

Далее в рамках третьего этапа расчета необходимо определить экономический эффект от реализации анализируемого мероприятия и срок его окупаемости (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Определение срока окупаемости мероприятия

№	Показатель	Год					
		0	1	2	3	4	5
1	Затраты на реализацию мероприятия	- 2614,8					
2	Снижение потребления тепловой энергии		577,9	577,9	577,9	577,9	577,9
3	Чистый денежный поток	- 2614,8	577,9	577,9	577,9	577,9	577,9
4	Чистый денежный поток нарастающим итогом	- 2614,8	- 2036,9	- 1459,0	- 881,1	- 303,2	274,7
5	Срок окупаемости	4 года		6 месяцев 9 дней			

Исходя из полученного значения в 4,5 года, можно сделать вывод, что реализация мероприятия целесообразна, срок окупаемости находится в приемлемых рамках. Действительно в результате выполнения работ по утеплению наружных стен обслуживающая компания не только повысит энергоэффективность здания, улучшит эксплуатационные характеристики объекта, но и начнет получать реальную экономическую выгоду.

Выводы по третьему разделу

Внедрение технологий информационного моделирования является комплексным проектом, затрагивающим деятельность практически всех служб и отделов эксплуатирующей организации. Внедрение технологии разделено на 4 этапа. Итогом реализации проекта внедрения должна стать объемная модель здания, насыщенная всей необходимой информацией, на основе анализа которой будет осуществляться долгосрочное и среднесрочное планирование.

Полученные в ходе планирования наборы работ должны дифференцироваться исходя из важности, степени влияния на безопасность функционирования объекта и экономической эффективности.

В качестве примера рассмотрено мероприятие по утеплению ограждающих конструкций стен.

Расчет произведен по 3 направлениям:

- расчет технического эффекта;
- расчет капитальных затрат;
- расчет экономического эффекта.

Результатом расчета является заключение о целесообразности реализации данного мероприятия со сроком окупаемости 4,5 года. В результате выполнения работ эксплуатирующая компания повысит энергоэффективность здания, улучшит эксплуатационные характеристики объекта, а также получит экономическую выгоду.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была обоснована целесообразность внедрения и применения технологий информационного моделирования в эксплуатации объектов социальной инфраструктуры.

Для этого в первом разделе были рассмотрены понятия цифровой экономики и информационного моделирования зданий и сооружений. Было проведено сравнение зарубежного и отечественного путей внедрения и опыта применения BIM-технологий, рассмотрена существующая нормативная база, а также практический опыт применения технологий.

В ходе разработки первого раздела определено, что для существующих зданий все более актуальным становится внедрение новых технологий в вопросах эксплуатации конструкций и инженерных систем. Рассматривая проблемы, возникающие при эксплуатации, особое значение приобретает понятие информационной модели объекта. По сути это числовая информация об объекте, которая может использоваться для принятия конкретных проектных решений, предсказания эксплуатационных качеств объекта, составления смет и строительных планов, заказа и изготовления материалов и оборудования, управления и эксплуатации самого здания и средств технического оснащения в течение всего жизненного цикла.

Во втором разделе рассмотрены вопросы эксплуатации зданий и сооружений, проведен анализ существующей нормативной базы, принятой на уровне государственных органов, а также в рассматриваемой компании. Установлено, что результаты проведенных в ходе эксплуатации обследований здания, как правило представляют собой разобщенный набор данных, не увязанных между собой. Таким образом, для комплексного анализа технического состояния различных конструктивных элементов и инженерных сетей, их необходимо рассматривать совместно, то есть в рамках единой модели объекта, а разрабатываемые на основе анализа информации, полученной из такой модели,

мероприятия должны рассматриваться с точки зрения экономической эффективности.

Во втором этапе приведены имеющиеся технические характеристики рассматриваемого объекта – Дворца культуры железнодорожников им. Андреева, который является уникальным объектом старой постройки, а также разобраны характеристики, которые необходимо определить. Поскольку данные об инженерных сетях и системах здания, большинство из которых проложены скрыто и недоступны для визуального осмотра, полностью отсутствуют, а информация о несущих и ограждающих конструкциях устарела, сделан вывод, что имеющейся информации недостаточно, и она дает лишь общее представление о конструктивной схеме здания, не описывая конструктивные особенности, которые необходимо учитывать в процессе эксплуатации.

Таким образом, становится очевидной необходимость обновления имеющегося технического паспорта объекта, базы технических данных, другими словами создания информационной модели объекта.

По итогам анализа представленной информации в третьем разделе разработан алгоритм внедрения технологий информационного моделирования в эксплуатирующей организации. Процесс разделен на 4 этапа, для каждого из которых рассмотрены основные положения. Итогом реализации проекта внедрения должна стать объемная модель здания, насыщенная всей необходимой информацией, на основе анализа которой будет осуществляться долгосрочное и среднесрочное планирование. Полученные в ходе планирования наборы работ должны дифференцироваться исходя из важности, степени влияния на безопасность функционирования объекта и экономической эффективности.

В третьем разделе, применительно к исследуемому объекту, ДКЖ им. Андреева, был рассчитан экономический эффект от внедрения мероприятия по утеплению ограждающих конструкций стен. Данное мероприятие могло быть спланировано исходя из анализа данных, полученных из информационной модели

здания. Экономический эффект выражается в снижении эксплуатационных расходов на содержание здания.

Подтверждено, что теплотехнические характеристики наружных стен здания ниже нормируемых в данной климатической зоне. Это ведет к повышенным потерям тепла через ограждающие конструкции в зимний отопительный период, что приводит к сверхнормативному потреблению тепловых ресурсов, и, как следствие, растут эксплуатационные расходы.

В ходе расчета определен технический эффект, проведены расчеты капитальных затрат и непосредственно экономический эффект. Результатом расчета является заключение о целесообразности реализации данного мероприятия со сроком окупаемости 4,5 года. В результате выполнения работ эксплуатирующая компания повысит энергоэффективность здания, улучшит эксплуатационные характеристики объекта, а также получит экономическую выгоду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Высоцкий консалтинг» [Электронный ресурс]. – <http://bim.vc/company>. (Дата обращения 17.11.2018 г.)
2. ВСН 53-86 (р) «Правила оценки физического износа жилых зданий»
3. ВСН 58-88 (р) «Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения».
4. Гапанович, В.А. Цифровая железная дорога: настоящее и будущее / В.А. Гапанович // Гудок. – 2016. – 1 сентября, № 152. – С. 1, 4 – 5
5. Гасанова, Н.М. Оценка экономической эффективности инновационных проектов в строительстве. / Н.М. Гасанова // Транспортное дело России. – 2009. – № 8. – С. 71 – 74.
6. ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения».
7. ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».
8. ГОСТ Р 51929-2002 «Услуги жилищно-коммунальные. Термины и определения».
9. Деменев, А.В. Информационное моделирование при эксплуатации зданий и сооружений / А.В. Деменев // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2015. – Т. 7.– № 3. – <http://naukovedenie.ru/PDF/29TVN315.pdf>. – С. 29 – 32.
10. Журнал «РБК» [Электронный ресурс]. – https://www.rbc.ru/technology_and_media/17/09/2018/5b9fab7a9a79471b3b2c1412
11. Иванова, Н.Н. Моделирование бизнес-процессов строительной организации с применением методологии ARIS / Н.Н. Иванова, Д.И. Трофименко // «Инженерный вестник Дона». – 2013. – № 4. – <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2123>. – С. 45 – 50.

12. Компания Autodesk – разработка решений для 3D-проектирования, дизайна, графики и анимации [Электронный ресурс]. – <https://www.autodesk.ru/solutions/bim>. (Дата обращения 23.11.2018 г.)
13. Кулик, А.М. Цифровая экономика как экономика нового технологического поколения. Научно-технический процесс как фактор развития современной цивилизации / А.М. Кулик, Д.П. Коряков, А.Г. Рожанская // Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 61 – 64.
14. Куприяновский, В.П. BIM – Цифровая экономика. Как достигли успеха? Практический подход к теоретической концепции. Часть 1. Подходы и основные преимущества BIM. / В.П. Куприяновский, С.А. Синягов, А.П. Добрынин. // International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – № 3 (4). – С. 25 – 28.
15. Куприяновский, В.П. Экономические выгоды применения комбинированных моделей BIM-ГИС в строительной отрасли. Обзор состояния в мире / В.П. Куприяновский, С.А. Синягов, Д.Е. Намиот, Ю.В. Куприяновская // International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – № 5 (4). – С. 30 – 32.
16. Методика определения физического износа гражданских зданий, утвержденная Приказом по Министерству коммунального хозяйства РСФСР от 27.10.1970 № 404.
17. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте. Указание МПС России от 31.08.1998 № В-1024у. – М., 1998. – 123 с.
18. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов, утверждены Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике, № ВК 477 от 21.06.1999.

19. Методические указания по проведению энергетического обследования объектов ОАО «РЖД»: Инструктивно-методические указания; под общ. ред. В.Т. Черемисина. – Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения, 2011. – Т. 1. – 182 с.
20. Мухопад, В.И. О современной роли цифровых технологий в управлении экономикой и промышленностью / В.И. Мухопад, Л.Н. Устинова // Экономика и менеджмент в условиях цифровизации: состояние, проблемы, Форсайт. Труды научно-практической конференции с международным участием; под ред. А.В. Бабкина. – 2017. С. 99 – 119.
21. Налоговый кодекс Российской Федерации, В 2 ч. Ч. 2 и Ч.3. – М.: Проспект, 2007. – 671 с.
22. Нечеухина, Н.С. Контроллинг как механизм успешной трансформации промышленности в цифровую экономику / Н.С. Нечеухина, Н.А. Полозова, Т.И. Буянова // Цифровая трансформация экономики и промышленности: проблемы и перспективы; под ред. А.В. Бабкина. – С-Пб.: Изд-во Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2017. – С 256 – 277.
23. Новостной портал [Электронный ресурс]. – http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14315. (Дата обращения 18.11.2018 г.)
24. Основы организации и управления в строительстве. В 2 ч. Ч. 2. Управление и планирование в строительстве: учеб. пособие / Н.А. Шлапакова и др.; под общ. ред. д.т.н. Ю.П. Скачкова. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 288 с.
25. Панталеенко, В.Н. Организация, планирование и управление в строительстве: учебное пособие / В.Н. Панталеенко – Ухта: УГТУ, 2008. – 144 с.
26. Печиборщ, Н.И. Финансовый управленческий учет (контроллинг) как проводник в цифровую экономику / Н.И. Печиборщ // Развитие финансовых отношений в период становления цифровой экономики. – Материалы Международной научно-практической конференции; под ред. А.Ю. Румянцевой. –

Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, 2018. – С. 267 – 271.

27. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 29 декабря 2014 г. N 926/пр «Об утверждении плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства». С изменениями: (в ред. Приказа Минстроя России от 04.03.2015 N 151/пр).

28. Приказ ОАО «РЖД» № 1198/р от 07.06.2018 «Методика определения физического износа зданий, эксплуатируемых ОАО «РЖД».

29. Проектная компания GENPRO [Электронный ресурс]. – <http://genpro.ru>. (Дата обращения 17.11.2018 г.)

30. Розенберг, Е. Н. Цифровая железная дорога – ближайшее будущее / Е.Н. Розенберг // Автоматика, связь, информатика. – 2016. – № 10. – С. 4 – 7.

31. Российский строительный комплекс федеральный новостной портал [Электронный ресурс]. – <http://rsknews.ru>. (Дата обращения 17.11.2018 г.)

32. Руководство по оценке эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия / А.Н. Дмитриев, И.Н. Ковалев, Ю.А. Табунщиков, Н.В. Шилкин. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. – 120 с.

33. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

34. Соловьева, Е.В. Основные этапы внедрения технологий информационного моделирования (BIM) в строительных организациях / Е.В. Соловьева, М.А. Сельвиан // Научные труды КубГТУ. – 2016. – № 11. – С. 18 – 19.

35. Соложенцев, Е.Д. Цифровое управление государством и экономикой / Е.Д. Соложенцев // Актуальные проблемы экономики и управления. – 2018. – № 1 (17). – С. 136 – 153.

36. Сообщество проектировщиков DWG.RU [Электронный ресурс]. – <https://dwg.ru/pub/45>. (Дата обращения 20.11.2018 г.)

37. СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений»
38. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».
39. СП 255.1325800.2016 «Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения».
40. СП 368.1325800.2017 «Здания жилые. Правила проектирования капитального ремонта».
41. СТО РЖД 09.012-2016 «Система управления эксплуатацией административно-бытовых и производственных зданий ОАО «РЖД». Основные положения».
42. Талапов, В.Н. BIM: что под этим обычно понимают / В.Н. Талапов // Isicad. Ваше окно в мир САПР. – 2010. – http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14078. – С. 10 – 13.
43. Типовые требования к составлению технико-экономического обоснования, утверждены Департаментом технической политики ОАО «РЖД», 08.12.2006.
44. Шаханов, Д.С. Социальная политика ОАО «РЖД» как фактор развития железнодорожной отрасли / Д.С. Шаханов // ДЕЛОВАЯ СЛАВА РОССИИ. – Москва: Изд-во Общество с ограниченной ответственностью «Агентство деловой информации СЛАВИЦА», 2015. – № 5. – С. 14 – 17.
45. Электронное периодическое издание «Ведомости» [Электронный ресурс]. – https://www.vedomosti.ru/press_releases/2017/09/05/ekspluatatsiya-zdaniya-na-novom-urovne-s-bim. (Дата обращения 20.11.2018 г.)
46. Энергосбережение на железнодорожном транспорте: учебник для вузов / В.А. Гапанович, В.Д. Авилов, Б.А. Аржанников и др.; под ред. В.А. Гапановича. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2012. – 620 с.