Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Институт Строительства и Архитектуры

Кафедра Информационное моделирование в строительстве

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ ПЕРЕД ГЭК

Зав. кафедрой ИМС
_____ Зверева О.М.
(подпись)
«07» июня 2024 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Проектирование информационного сервиса для управляющей компании и жильцов с использованием цифровой эксплуатационной модели здания

Научный руководитель:
кан. техн. наук, доцент Зверева О.М. _____ подпись
Нормоконтролер: Варгина Т.А. _____ подпись
Студент группы СТМ-221001: Полякова Д.О. _____ подпись

Екатеринбург
2024

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

Институт Строительства и Архитектуры
Кафедра Информационное моделирование в строительстве
Направление 08.04.01 – Строительство
Образовательная программа «Информационное моделирование зданий, сооружений и территорий»

УТВЕРЖДАЮ
/Зав. кафедрой ИМС
(подпись) Зверева О.М.
(Ф.И.О.)
«07» июня 2024 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

студента Поляковой Дарьи Олеговны группы СТМ-221001
(фамилия, имя, отчество)

1. **Тема ВКР:** «Проектирование информационного сервиса для управляющей компании и жильцов с использованием цифровой эксплуатационной модели здания»

Утверждена распоряжением по институту от «02» ноября 2023г. № 33.03-05/4а(02)

2. Руководитель Зверева О. М., доцент, кан. техн. наук
(Ф.И.О., должность, ученое звание, ученая степень)

3. Исходные данные к работе

Электронные и литературные источники, результаты НИР в семестрах

4. Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Введение
1. Анализ проблемы, поиск аналогов сервиса и сравнение с ними, анализ методов создания ЦИМ;
2. Определение требований к информационному сервису для управляющих компаний и жильцов
3. Проектирование пользовательского интерфейса, интеграция с существующими информационными системами;
4. Выбор пилотного объекта для внедрения сервиса, оценка эффективности использования сервиса жильцами и управляющей компанией;
Заключение
Список литературы

5. Перечень демонстрационных материалов (в этих позициях - схемы, алгоритмы, методики, результаты в удобной последовательности изложения)
Презентация

6. Консультанты по проекту (работе) с указанием относящихся к ним разделов проекта

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		задание выдал	задание принял
Анализ проблемы, поиск аналогов сервиса	Зверева О. М.		
Определение требований к информационному сервису	Зверева О. М.		
Проектирование пользовательского интерфейса, интеграция с существующими информационными системам	Зверева О. М.		
Выбор пилотного объекта для внедрения сервиса, оценка эффективности использования сервиса жильцами и управляющей компанией	Зверева О. М.		
Анализ результатов работы	Зверева О. М.		

7 Календарный план

Наименование этапов выполнения работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении
Анализ проблемы, поиск аналогов сервиса	20.05.2024-25.05.2024	
Определение требований к информационному сервису	26.05.2024-05.05.2024	
Проектирование пользовательского интерфейса, интеграция с существующими информационными системам	06.05.2024-16.05.2024	
Выбор пилотного объекта для внедрения сервиса, оценка эффективности использования сервиса жильцами и управляющей компанией	17.05.2024-27.05.2024	
Анализ результатов работы	28.05.2024-10.06.2024	

Руководитель _____ Зверева О.М.
(подпись) Ф.И.О.

Задание принял к исполнению _____
(подпись)

8 Выпускная работа закончена «10» июня 2024 г.

Считаю возможным допустить Полякову Дарью Олеговну
к защите его выпускной квалификационной работы в экзаменационной комиссии.

Руководитель _____

9. Допустить Полякову Дарью Олеговну _____ к защите выпускной квалификационной работы в экзаменационной комиссии (протокол заседания кафедры № 5 от «07» июня 20 г.)

Зав. кафедрой _____

РЕФЕРАТ

Отчет 44 с., 14 рис., 1 табл., 20 источн.

Ключевые слова: функциональные требования, нефункциональные требования, информационный сервис, управляющая компания, цифровая эксплуатационная модель здания, анализ требований.

Объект исследования – система управления многоквартирными домами, осуществляющая мониторинг инженерных систем и структуры здания и поддерживающая взаимодействие УК и жильцов.

Цель работы – выявление требований и проектирование решений для информационного сервиса, разрабатываемого для УК и жильцов.

Методы исследования: литературный обзор, моделирование, тестирование и валидация модели, проектирование пользовательского интерфейса, сравнительный анализ.

Результаты работы: сформулированы требования для информационного сервиса, разработано техническое задание, подготовлены прототипы интерфейса.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ 4

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ 5

ВВЕДЕНИЕ 6

1 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ 9

1.1 Анализ проблемы 9

1.2 Конкурентный анализ 10

1.3 Методы создания ЦИМ 18

1.4 Определение требований к информационному сервису для управляющих компаний и жильцов 23

1.5 Определение стейкхолдеров проекта 24

2 ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ 29

2.1 Проектирование пользовательского интерфейса 29

2.2 Интеграция с существующими информационными системами 33

2.3 Выбор пилотного объекта для внедрения сервиса 34

2.4 Внедрение эксплуатационной модели в работу 34

2.5 Оценка эффективности использования сервиса жильцами и управляющей компанией 36

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 38

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 40

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Цифровая информационная модель – объектно-ориентированная параметрическая 3D-модель, представляющая в цифровом виде физические, функциональные и прочие характеристики объекта (или его отдельных частей) в виде совокупности информационно насыщенных элементов.

API (Application Programming Interface) – интерфейс прикладного программирования – описание способов взаимодействия одной компьютерной программы с другими.

UI (User Interface) – интерфейс пользователя – интерфейс, обеспечивающий передачу информации между пользователем-человеком и программно-аппаратными компонентами компьютерной системы.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВДЦ – временные договорные цены;

ВКР – выпускная квалификационная работа,

ВОР – ведомость объемов работ,

ТИМ – технологии информационного моделирования,

УК – управляющая компания,

ЦИМ – цифровая информационная модель,

ЦЭМ – цифровая эксплуатационная модель,

ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе, где цифровые технологии становятся неотъемлемой частью повседневной жизни, вопросам эффективного управления жилыми комплексами уделяется все больше внимания. Актуальность исследования в области проектирования информационного сервиса для УК и жильцов с использованием цифровой эксплуатационной модели здания обусловлена несколькими аспектами, отражающими вызовы современного городского образа жизни.

Во-первых, динамичный рост городской застройки и увеличение числа многоквартирных домов создают необходимость в эффективных инструментах управления инфраструктурой. Информационные сервисы, базирующиеся на цифровых эксплуатационных моделях, способны предоставить УК не только всестороннюю информацию о текущем состоянии зданий, но и возможность оперативно реагировать на изменения и изменяющиеся потребности жильцов.

Во-вторых, современные требования к энергоэффективности и устойчивости приводят к необходимости разработки инновационных подходов в управлении жилыми комплексами. Использование цифровых эксплуатационных моделей здания позволяет в реальном времени контролировать энергопотребление, оптимизировать работу систем отопления, вентиляции, что способствует снижению эксплуатационных расходов и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду.

В-третьих, в условиях цифровой трансформации общества и бурного развития интернета вещей, данные становятся ключевым ресурсом для принятия обоснованных управленческих решений. Цифровые эксплуатационные модели предоставляют возможность собирать, анализировать и преобразовывать данные в ценную информацию, что облегчает процессы принятия решений в управлении жилыми комплексами.

Таким образом, проектирование информационного сервиса на основе цифровых эксплуатационных моделей зданий не только соответствует текущим вызовам современности, но и предоставляет комплексный и перспективный подход к управлению многоквартирными домами. Это направление исследования не только обеспечивает оптимизацию управления инфраструктурой, но и способствует повышению качества жизни граждан и содействует устойчивому развитию городских сред.

Главной целью исследования является разработка и внедрение эффективного информационного сервиса, основанного на цифровой эксплуатационной модели здания, с целью улучшения процессов управления многоквартирными домами для управляющих и повышения качества услуг для жильцов.

Задачи исследования являются:

а) изучение существующих методов управления многоквартирными домами;

– анализ современных подходов и технологий в управлении жилыми комплексами;

– оценка эффективности текущих информационных систем, используемых УК;

б) анализ потребностей УК и жильцов:

– изучение ожиданий и требований УК к цифровым инструментам;

– определение потребностей и предпочтений жильцов в сфере коммуникации и управления жильем;

в) проектирование информационного сервиса:

– разработка пользовательского интерфейса для УК и жильцов;

г) разработка рекомендаций по внедрению и развитию сервиса:

– формирование рекомендаций по внедрению информационного сервиса на практике;

– предложения по развитию сервиса и расширения функционала в будущем.

При решении поставленных задач будет сформирована информационная основа для создания инновационный информационный сервис, который не только соответствует потребностям современных УК и жильцов, но и способствует повышению эффективности управления многоквартирными домами и содействует созданию устойчивых и комфортных городских сред.

Объектом исследования является система управления многоквартирными домами, осуществляющая мониторинг инженерных систем и структуры здания и поддерживающая взаимодействие УК и жильцов.

Предметом исследования является проектирование, разработка и внедрение информационного сервиса, основанного на ЦИМ, с целью улучшения эффективности управления многоквартирными домами и обеспечения высокого уровня комфорта для жильцов.

Ключевые аспекты предмета исследования:

а) ЦЭМ:

– Разработка методики создания цифровой модели, учитывающей инженерные коммуникации, структуру здания, и другие параметры;

– Определение стандартов для представления данных в цифровой форме.

б) Информационный сервис:

– Проектирование интерфейса для УК и жильцов, учитывающего легкость использования и доступность;

– Разработка функционала для мониторинга и управления инженерными системами, оповещения об аварийных ситуациях, и учета потребления ресурсов.

в) Исследование существующих систем управления МКД.

Научная новизна работы состоит в разработке методики создания цифровой эксплуатационной модели, которая должна стать информационной базой для создаваемого сервиса.

1 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

1.1 Анализ проблемы

При создании информационного сервиса для УК и жильцов одна из основных проблем состоит в том, откуда брать данные об объекте недвижимости. Таким централизованным источником данных может стать ЦИМ. Она объединяет данные о различных системах здания, таких как: электрические сети, отопление, вентиляция, охранные системы, и т.д.

Основная задача состоит в том, чтобы эффективно интегрировать все эти данные в создаваемый информационный сервис таким образом, чтобы, как УК, так и жильцы могли достаточно просто получать доступ к необходимой информации. Проблема появляется из-за разнообразия и разнородности источников данных о самом здании и его системах, и связанной с этим необходимости обеспечения их целостности, достоверности и актуальности. Рассмотрим проблему интеграции данных более подробно.

Данные о здании и его системах могут поступать из различных источников, таких как: датчики, системы управления зданием, фотографии и др. Каждый источник может предоставлять данные в различных форматах и структурах, что затрудняет их интеграцию в единую информационную систему. Данные также могут изменяться со временем из-за обновлений, модернизаций, ремонтов и других изменений, поэтому необходим механизм автоматического обновления данных в информационном сервисе, чтобы обеспечить их актуальность [1].

Для решения проблемы интеграции данных в информационный сервис необходимо разработать комплексный подход, включающий в себя стандартизацию форматов данных, использование современных методов анализа и согласования данных, поддержки их в актуальном состоянии. Такой

подход позволит создать эффективную и надежную информационную систему, способную удовлетворить потребности как УК, так и жильцов.

1.2 Конкурентный анализ

В настоящее время существует ряд компаний и платформ, которые предоставляют информационные сервисы для УК и жильцов с использованием ЦИМ. Некоторые из них предлагают полные решения, включающие в себя широкий спектр функций, в то время, как другие специализируются только на определенных аспектах управления зданиями. Рассмотрим некоторые из них.

1. **Inspark IoT Platform** – это российский информационный сервис, разработанный для управления зданиями и объектами недвижимости с использованием технологий IoT (Интернета вещей) [2]. Этот сервис предлагает широкий спектр функций, которые помогают управляющим компаниям и жильцам эффективно контролировать и оптимизировать работу зданий, повышать комфорт и безопасность, а также сокращать операционные расходы. Экран сервиса, на котором представлены его основные функции, показан на рисунке 1.

Данный сервис предоставляет возможность мониторинга различных инженерных систем здания. Пользователи могут получать информацию о работе этих систем в режиме реального времени, а также анализировать данные о производительности и энергопотреблении. Также предоставляются инструменты для мониторинга и управления энергопотреблением зданий, что позволяет сокращать расходы на коммунальные услуги, оптимизировать работу систем отопления, а также уменьшать воздействие на окружающую среду [3].

Для УК сервис может быть полезен тем, что в нём существуют инструменты для анализа данных о работе зданий и их систем, а также для генерации отчетов о различных аспектах эксплуатации и обслуживания. Это

помогает УК принимать обоснованные решения и оптимизировать процессы управления недвижимостью.

Сервис может интегрироваться с различными системами управления зданиями, такими как системы учета энергопотребления, системы безопасности, системы управления доступом и другие. Это позволяет создать целостную информационную систему, способную удовлетворить различные потребности пользователей.

Рисунок 1 – Экран с основными функциями сервиса

2. **7D Modeler** – это программный продукт, спроектированный для решения задач гражданского, промышленного и инфраструктурного строительства на основе всестороннего использования проектных данных (включая геометрическую модель, календарно-сетевой план, ресурсы, смету, сопутствующие документы и их ревизии) в рамках парадигмы 7D-моделирования. Продукт может использоваться для решения изыскательских, проектных, инженерных, управленческих, финансовых, экспертных и иных задач, возникающих на протяжении жизненного цикла зданий и сооружений [4].

Графический интерфейс пользователя системы позволяет просмотреть, при необходимости, задать или изменить основные объекты проектных данных (конструктивные элементы, планы, работы, календари, ресурсы, затраты, ограничения, классификаторы и т.п.).

В сервисе предусмотрены табличные иерархические формы с настраиваемой конфигурацией столбцов, а также окна просмотра и

редактирования атрибутов индивидуальных объектов. Дополнительные свойства объектов могут определяться и задаваться непосредственно пользователем [4,5].

Для удобства использования в системе реализован широкий набор визуальных средств, таких как окна просмотра 3D-сцен, диаграммы Ганта, графики освоенных средств, диаграммы использования ресурсов, окна просмотра сопутствующих документов, которые, будучи примененными комплексно, дают полное и исчерпывающее представление о 7D-модели проекта.

7D Modeler является функционально развитой системой управления проектами, которая предоставляет широкий набор средств для формирования проектного плана, задания ограничений, расчета календарно-сетевых графиков, актуализации проектной информации, управления ресурсами и стоимостью, контроля хода проектных работ и прогноза. Проектные планы непосредственно формируются пользователем в системе или генерируются по структуре строительного объекта и его 3D модели. При необходимости готовые проектные планы могут импортироваться из сторонних систем в форматах MS Project XML, Oracle Primavera XML.

Система реализует обобщенную модель календарей, с помощью которой пользователи могут задавать широкий набор регулярных и исключительных правил организации работ и привлечения ресурсов. Для начинающих пользователей предусмотрены календари с фиксированными получасовыми рабочими интервалами.

Система предоставляет средства для задания пулов ресурсов (персонал, оборудование, материалы, рабочие зоны), а также их группирование и назначение проектным работам. Диаграмма ресурсов отображает соответствующие временные интервалы использования индивидуальных и групповых ресурсов с разметкой областей превышения доступных уровней. Для автоматического составления календарно-сетевых расписаний, согласованных как с временными, так и с ресурсными ограничениями, система

реализует методы ресурсного планирования (RCPSP – Resource Constrained Project Scheduling Problem), иногда называемые методами выравнивания (Resource Leveling).

Пример одного из экранов системы приведен на рисунке 2.

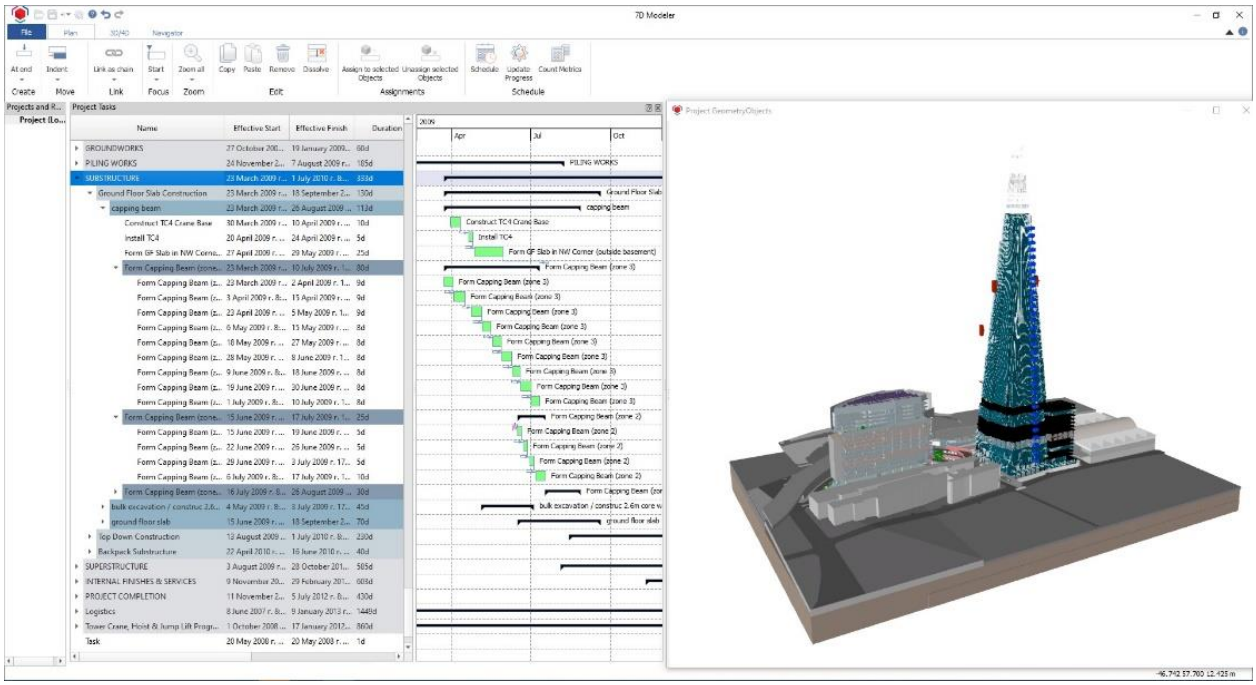

Рисунок 2 – Пример экрана системы 7D Modeler

3. **SODIS BUILDING FM** – современная платформа управления эксплуатацией зданий и сооружений с поддержкой ТИМ. Информация по всем объектам хранится и оперативно обновляется в единой базе данных. Обеспечен эффективный мониторинг выполнения плановых и внеплановых работ на объектах [6].

На базе платформы SODIS Building FM создаются и настраиваются решения по строительству, эксплуатации и управлению недвижимостью с учётом отраслевой специфики и опыта. Все элементы (помещения, активы, оборудование), которые как-либо связаны с объектом могут быть отображены в ЦИМ.

В процессе проектирования и строительства зданий генерируются большие объёмы информации об объекте. Эксплуатирующим службам необходимы эти данные для принятия эффективных решений. Цифровой двойник здания – это не просто база данных, а динамическая система записи в реальном времени. Использование данной технологии упрощает поиск

информации, повышает качество управления, сокращает финансовые и временные затраты.

Пример экрана системы SODIS BUILDING FM показан на рисунке 3.

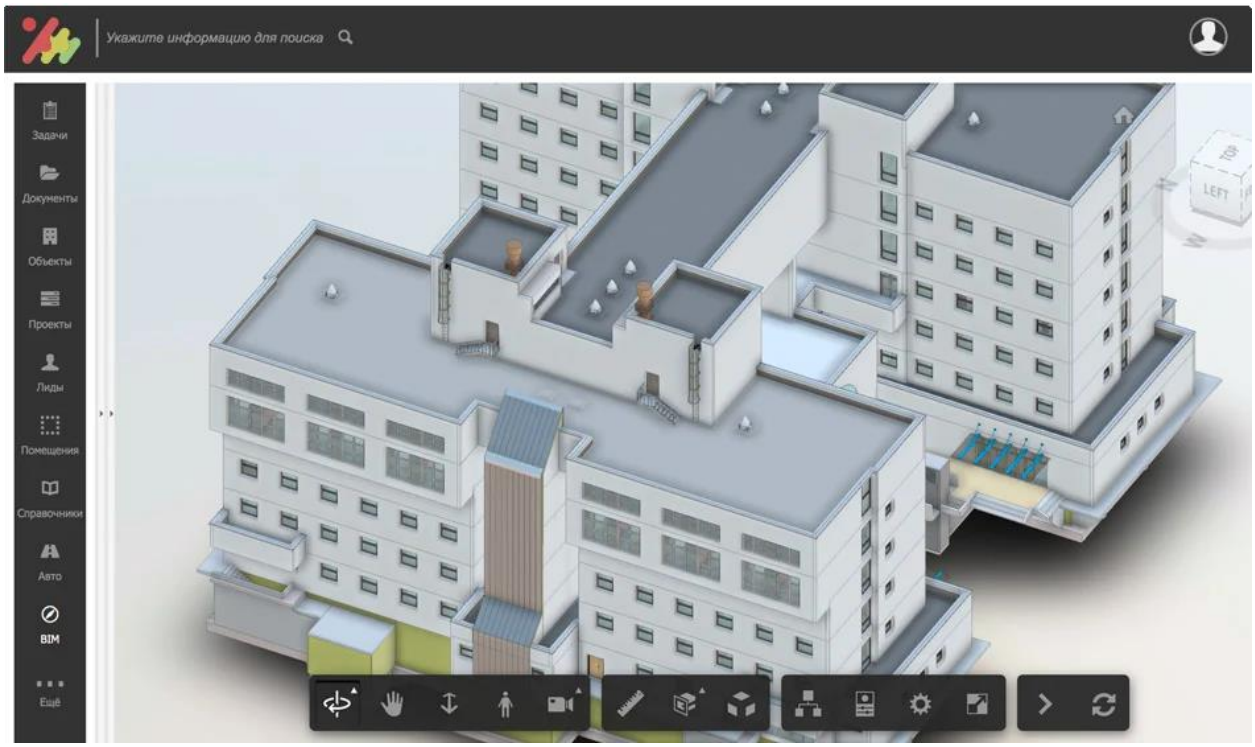

Рисунок 3 – Пример экрана SODIS BUILDING FM

Рассмотрим иностранный аналог клиентского сервиса, функционирующий на основе эксплуатационной модели.

4. **YouBIM** – данная программа представляет собой инновационное программное решение для управления объектами недвижимости на основе ЦЭМ. Она предоставляет интеллектуальные инструменты для эффективного управления, обслуживания и анализа зданий и инфраструктуры в течение их жизненного цикла [7].

Основными возможностями данной программы являются:

– Интеграция с ЦИМ: YouBIM позволяет интегрировать ЦЭМ для создания виртуального двойника объекта недвижимости. Это обеспечивает доступ к детальной информации о зданиях, их конструкциях, системах, оборудовании и других элементах;

– Управление данными объектов недвижимости: программа предоставляет возможность эффективного управления данными объектов недвижимости на основе ТИМ. Пользователи могут просматривать,

редактировать и обновлять информацию о зданиях, помещениях, инженерных системах и пр.;

– Визуализация и аналитика: программа предоставляет возможности визуализации данных из ЦЭМ в виде трехмерных графических изображений. Это помогает пользователям лучше понимать структуру и характеристики здания. Кроме того, YouBIM предоставляет инструменты аналитики для оценки состояния объектов и оптимизации управленческих решений.

Недостатками программы являются:

– Сложность интеграции с другими системами: интеграция YouBIM с другими информационными системами может быть сложной и требовать дополнительных усилий и ресурсов;

– Ограниченная поддержка форматов: некоторые пользователи отмечают, что YouBIM может оказаться ограниченным в поддержке различных форматов файлов. Это может быть проблемой при работе с данными из различных источников или платформ.

Итоговое сравнение аналогов приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ систем-аналогов

	Inspark IoT Platform	7D Modeler	SODIS BUILDING FM	YouBIM
Использование ЦЭМ	+	+	+	+
Управление на протяжении всего ЖЦ	+	+	+	+
Мониторинг данных в реальном времени	+	-	+	+
Безопасность данных	-	+	+	-

Возможность подачи заявок на ремонт	-	-	+	-
Наличие мобильного приложения	-	-	+	-
Наличие службы поддержки и обучение пользователей	-	-	-	-
Инструменты анализа данных	+	+	-	-
Возможность интеграции стороннего ПО	Частично	-	-	-
Страна производитель ПО	Россия	Россия	Россия	США
Стоимость лицензии	-	От 129 600 руб.	От 990 000 руб.	-

После анализа аналогов и существующих информационных клиентских сервисов для УК и жильцов можно сделать вывод о необходимости создания собственного информационного сервиса. Основанием для этого является необходимость:

– Улучшения качества обслуживания: собственный сервис позволит УК улучшить качество обслуживания жильцов. Предоставление доступа к актуальной информации о состоянии жилья, услугах, планах ремонта и обслуживания помогает повысить удовлетворенность клиентов;

– Повышения эффективности процессов: создание собственного сервиса позволит управляющей компании оптимизировать свои внутренние процессы. Автоматизация учета и планирования ремонтных работ, управление финансами и коммуникация с клиентами через единый цифровой интерфейс снижают нагрузку на персонал и повышают эффективность работы.

– Поддержки индивидуальных потребностей: собственный сервис позволяет учитывать индивидуальные потребности и особенности УК. Возможность настройки и расширения функционала в соответствии с уникальными требованиями клиентов и бизнес-процессов обеспечивает гибкость и адаптивность.

– Контроля данных и обеспечения их безопасности: разработка сервиса дает возможность контролировать хранение и обработку данных о жильцах и объектах недвижимости. Это важно с учетом требований по защите персональных данных и обеспечению конфиденциальности информации.

– Инновационные возможности: открываются возможности для внедрения новых технологий и инноваций. Внедрение элементов искусственного интеллекта, интерактивных функций и современного дизайна помогает создать современный и привлекательный пользовательский опыт;

– Повышение конкурентоспособности: благодаря данному фактору повышается конкурентоспособность УК на рынке недвижимости. Современные и удобные цифровые решения привлекают клиентов и способствуют укреплению бренда.

1.3 Методы создания ЦИМ

В соответствии с Постановлением Правительства РФ №331 с 1 июля 2024 года все объекты капитального строительства с государственным участием должны использовать технологии информационного моделирования (ТИМ). Формирование и поддержка информационной модели объекта капитального строительства стали обязательными для заказчика, застройщика, технического заказчика, эксплуатирующей организации, если на этот объект выделены средства государственных бюджетов Российской Федерации. Это означает изменение бизнес-процессов в отрасли в целом, в учреждениях госзаказчика и в проектных и строительных компаниях [8].

ЦЭМ представляет собой виртуальное представление здания, которое содержит информацию о его геометрии, материалах, компонентах, инженерных системах и других характеристиках. Создание такой модели требует использования различных методов и инструментов, включая технические средства моделирования, стандарты данных, а также совокупность процессов сбора, анализа и интеграции информации [9].

Рисунок 5 – Жизненный цикл ЦИМ

Рассмотрим методы создания ЦИМ на различных этапах жизненного цикла объекта строительства (см. рисунок 5).

1. Геометрическая и параметрическая ЦИМ (3D-модель):

Это основа ЦЭМ, которая представляет трехмерное графическое представление здания или объекта (см. рисунок 6). Геометрическая модель включает в себя информацию о форме, габаритах и расположении всех элементов здания, включая стены, полы, потолки, двери, окна и т. д. Данная часть ЦЭМ является основой для качественного и количественного анализа объекта [10].

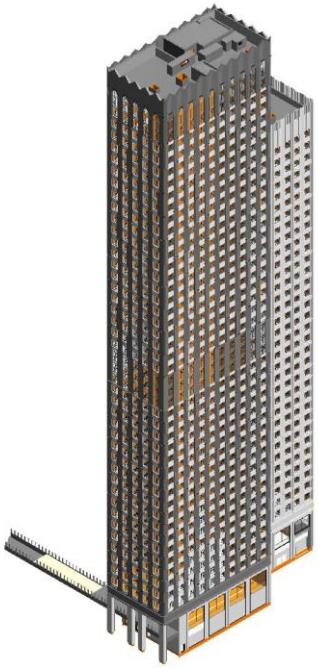

Рисунок 6 – Пример геометрической модели

Каждый компонент здания имеет свои уникальные характеристики и параметры [11]. Параметрическая модель содержит подробную информацию о каждом элементе здания, например: тип, размер, материал, и т.д. Пример модели элемента с заполненными параметрами показан на рисунке 7.

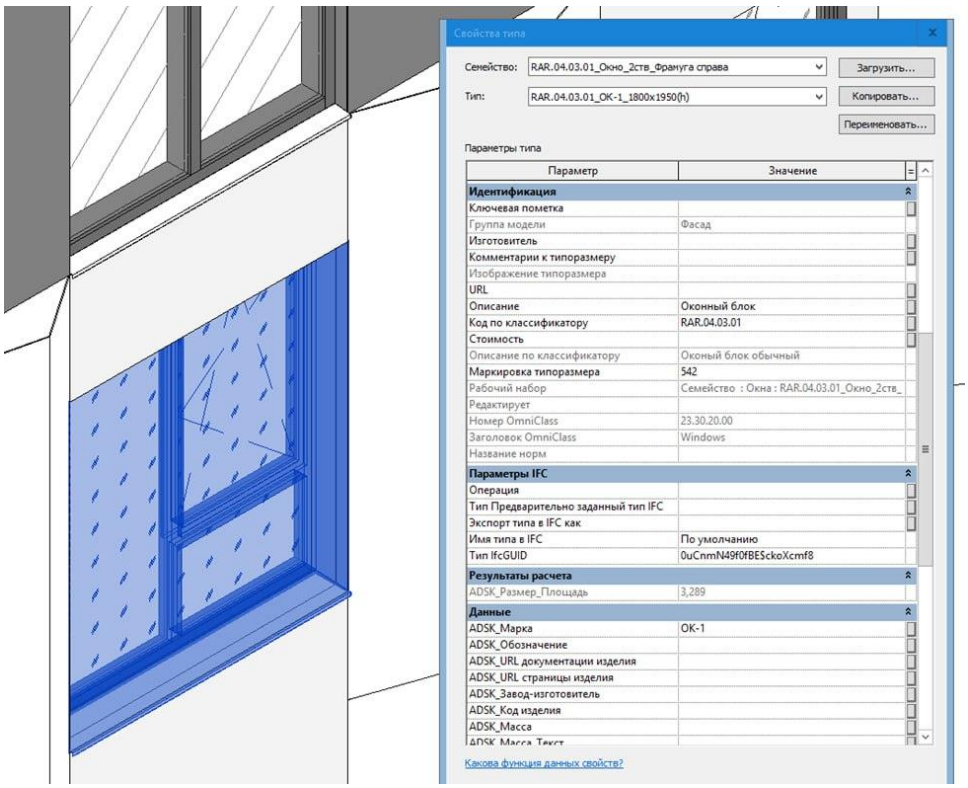

Рисунок 7 – Пример параметрической модели элемента

На данном этапе моделирования происходит получение документации на основании ЦИМ. С помощью различных проверок и аудита модели можно сократить количество проектных ошибок и погрешностей в документации.

2. Информация о процессе строительства (4D-модель):

Данная модель содержит в себе данные о календарных и сетевых графиках строительства, управлении логистикой. Она позволяет визуализировать последовательность выполнения работ на протяжении времени, помогая управлять строительным процессом, оптимизировать график работ и предотвращать конфликты и задержки [12].

На данном этапе появляется возможность спрогнозировать удорожания, получить корректные объемы запроектированных работ, сформировать собственные справочники материалов и работ для похожих объектов. Последовательность получения ВОР из ЦИМ приведена на рисунке 8.

Рисунок 8 – Этапы получения BOP из 4D ЦИМ

3. Информация о затратах (5D-модель):

С помощью этой модели можно прогнозировать финансовые потоки, выгружать объемы работ и материалов и контролировать стоимость проекта. Также с её помощью можно проводить анализ стоимости и управлять бюджетом [13].

На данном этапе происходит получение корректной ВДЦ, мониторинг стоимости строительства, появляется возможность спрогнозировать удорожание и снизить планирование погрешности бюджета. На рисунке 9 приведен пример этапов получения данных о стоимости объектов из ЦИМ.

Рисунок 9 – Этапы получения 5D ЦИМ

4. Информация о жизненном цикле (6D-модель):

Это модель, которая интегрирует информацию о жизненном цикле объекта. Она позволяет учитывать данные о техническом обслуживании,

ремонтах, обновлениях и других аспектах управления объектом в течение его жизненного цикла [14].

На этапе создания 6D ЦИМ можно визуализировать процессы стройки, получить точные объемы выполненных работ, определить объемы будущих работ по доведению результатов строительства и спрогнозировать возможные удорожания. На рисунке 10 изображены этапы формирования актов выполненных работ из ЦИМ.

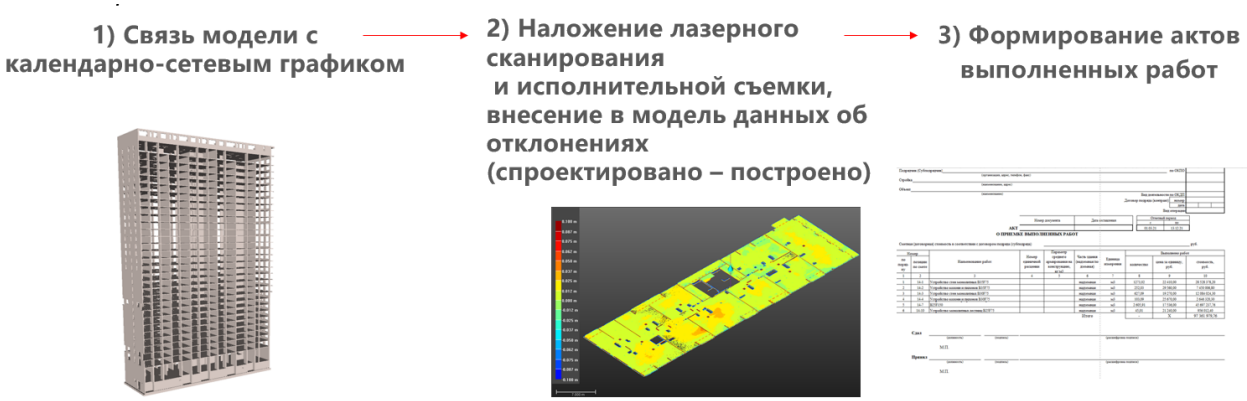

Рисунок 10 – Формирование актов выполненных работ

1.4 Определение требований к информационному сервису для управляющих компаний и жильцов

Одним из ключевых аспектов успешного управления жилыми объектами является наличие информационного сервиса, который бы обеспечивал эффективное взаимодействие между УК и жильцами.

Задача определения требований к информационному сервису для УК и жильцов включает в себя выявление потребностей всех заинтересованных сторон (так называемых стейкхолдеров). Для данного сервиса основными заинтересованными сторонами, и в то же время, основными пользователями являются: УК и жильцы.

Необходимо выявить их основные потребности и определить функционал, который будет соответствовать этим потребностям. УК должна иметь возможность эффективно управлять ресурсами и обслуживанием здания в то время, как жильцы должны получать удобный доступ к информации и услугам, связанным с проживанием.

Рассмотрим какие виды требований обычно выявляют:

1) Бизнес-требования – эти требования к информационному сервису для управляющей компании могут включать в себя широкий спектр аспектов, которые направлены на обеспечение эффективного и устойчивого функционирования бизнес-процессов. Например, они могут содержать требования об управлении объектами, об учете финансов и т.д.;

2) Пользовательские требования – эти требования к информационному сервису для УК обычно определяются потребностями и ожиданиями конечных пользователей – в данном случае, это сотрудники УК и жильцы. Некоторыми типичными пользовательскими требованиями являются: удобство пользования, доступность, взаимодействие и обратная связь [15];

3) Функциональные требования – эти требования определяют конкретные функции и возможности, которые должен предоставлять информационный сервис. Например, функциональные требования могут включать в себя

возможность просмотра информации о текущем состоянии дома, оплаты коммунальных услуг онлайн, подачи заявок на ремонт и т. д;

4) Нефункциональные требования – эти требования определяют качественные аспекты информационного сервиса, такие как производительность, безопасность, надежность и удобство использования. Например, нефункциональные требования могут включать в себя требования к времени отклика системы, защите персональных данных пользователей, доступности сервиса и др.

Выявление требований нужно производить, взаимодействуя в форме интервью или опроса, с теми, кто заинтересован в реализации данного проекта.

1.5 Определение стейкхолдеров проекта

Стейкхолдеры (заинтересованные лица) – это люди, группы или организации, которые могут оказывать влияние на проект или быть затронуты решениями, действиями или результатами определенного проекта, программы или бизнес-инициативы [16]. Они проявляют активный интерес к данному процессу и имеют свои собственные цели, ожидания и интересы.

Работа со стейкхолдерами – это важный процесс, который направлен на удовлетворение их потребностей, учет их интересов и обеспечение их вовлеченности в проект или деятельность. Этот процесс обычно включает следующие этапы:

1) Идентификация стейкхолдеров: на этом этапе определяются все заинтересованные стороны, которые могут быть затронуты проектом или деятельностью. Это могут быть клиенты, сотрудники, поставщики, регуляторные органы, общественные организации и другие.

2) Анализ интересов и потребностей: после идентификации стейкхолдеров проводится анализ их интересов, потребностей, ожиданий и влияния на проект или деятельность. Это помогает лучше понять, какие требования и ограничения могут возникнуть в ходе работы.

3) Определение ролей и ответственностей: на этом этапе определяются роли и ответственности каждого стейкхолдера в проекте или деятельности. Это включает в себя определение их функций, обязанностей, уровня влияния и решающих полномочий.

4) Вовлечение стейкхолдеров: важно обеспечить активное вовлечение стейкхолдеров в процесс принятия решений и реализации проекта или деятельности. Это может включать проведение встреч, совещаний, опросов, обратной связи и других мероприятий.

5) Управление коммуникациями: необходимо установить эффективную систему коммуникаций с каждым стейкхолдером, чтобы обеспечить своевременное и достоверное информирование о ходе работы, изменениях планов и принятых решениях.

6) Учет обратной связи и корректировка стратегии: важно систематически получать обратную связь от стейкхолдеров и использовать ее для корректировки стратегии работы. Это помогает учитывать изменяющиеся потребности и ожидания стейкхолдеров в процессе выполнения проекта или деятельности [17].

В ходе работы стейкхолдеры были разделены на несколько групп: УК, жильцы, технические специалисты и инженеры, разработчики ПО, строительные компании и подрядчики, регуляторные органы и нормативные организации. С представителями каждого стейкхолдера были проведены интервью для выявления потребностей, в ходе которых были получены первичные ожидания от внедрения информационного сервиса.

Ролевая карта стейкхолдеров приведена на рисунке 11.

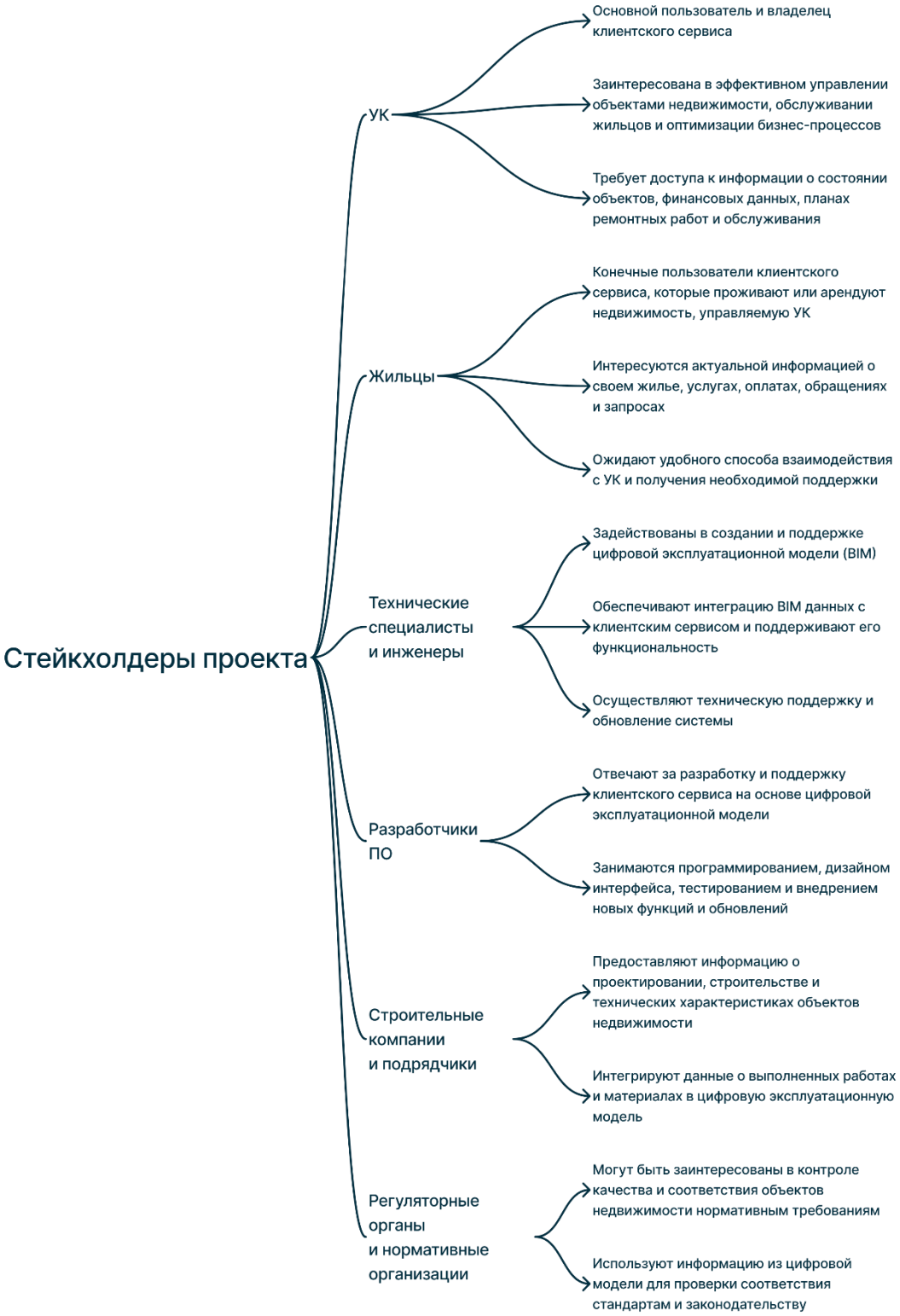

Рисунок 11 – Ролевая карта стейкхолдеров

Проанализировав ролевую карту стейкхолдеров можно сделать вывод и функциональных и нефункциональных требований.

Приведем список функциональных требований:

1) Для управляющей компании:
   - Доступ к актуальным данным о состоянии всех инженерных систем и оборудования здания в режиме реального времени;
   - Инструменты для автоматического планирования ремонтных работ на основе анализа данных о состоянии оборудования;
   - Возможность учета и контроля потребления коммунальных ресурсов;
   - Платформа для обмена сообщениями и уведомления жильцов о предстоящих работах, изменениях и других важных событиях.
2) Для жильцов:
   - Функционал для подачи и отслеживания заявок на ремонт и обслуживание;
   - Получение уведомлений о планируемых работах, аварийных ситуациях и других важных событиях;
   - Возможность оплаты коммунальных услуг и сервисных сборов онлайн;
   - Возможность оставления отзыва о работе компании, создание рейтинговой системы для оценивания работы УК;
   - Мобильная версия приложения.
3) Для технического персонала:
   - Интерактивный доступ к чертежам, схемам и техническим паспортам оборудования;
   - Инструменты для диагностики состояния оборудования и прогнозирования возможных неисправностей на основе анализа данных, собираемых с этого оборудования;
   - Генерация отчетов по проведенным работам, использованным ресурсам и состоянию оборудования.
4) Административный персонал:

- Мониторинг качества выполняемых работ и уровня удовлетворенности жильцов.

Нефункциональные требования:

1) Надежность и устойчивость:
   - Обеспечение постоянной доступности сервиса, минимизация времени простоя;
   - Гарантия корректной работы сервиса при высоких нагрузках и в условиях сбоя оборудования;
   - Обеспечение отказоустойчивости за счет архивирования данных.
2) Безопасность и конфиденциальность данных:
   - Защита личных данных жильцов и коммерческой информации управляющей компании;
   - Надежные механизмы аутентификации пользователей и управление правами доступа.
3) Удобство использования:
   - Простой и интуитивно понятный пользовательский интерфейс для всех категорий пользователей.
4) Масштабируемость и совместимость:
   - Интеграция с новыми IoT-устройствами (датчиками и пр.) и системами по мере их появления;
   - Возможность интеграции с другими информационными системами и сервисами, используемыми управляющей компанией;
   - Работа на различных операционных системах и устройствах (мобильные приложения, веб-интерфейс).

2 ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ

2.1 Проектирование пользовательского интерфейса

Пользовательский интерфейс — это совокупность информационной модели проблемной области, средств и способов взаимодействия пользователя с информационной моделью, а также компонентов, обеспечивающих формирование информационной модели в процессе работы программной системы [18].

Разработчик приложения должен знать, что такое хороший интерфейс, и как его построить.

Основные принципы разработки пользовательского интерфейса:

– естественность интерфейса;

– согласованность интерфейса;

– дружественность интерфейса (принцип «прощения» пользователя;

– принцип «обратной связи»;

– простота интерфейса

– гибкость интерфейса

– эстетическая привлекательность.

Основные правила эффективного пользовательского интерфейса:

– Интерфейс пользователя необходимо проектировать и разрабатывать как отдельный компонент создаваемого приложения;

– Необходимо учитывать возможности и особенности аппаратнопрограммных средств, на базе которых реализуется интерфейс;

– Целесообразно учитывать особенности и традиции той предметной области, к которой относится создаваемое приложение [19].

Проектирование пользовательского интерфейса (UI) для клиентского сервиса на основе цифровой эксплуатационной модели имеет специфические цели и задачи, учитывая особенности использования данных ЦЭМ в контексте

управления объектами недвижимости. Приведем более детальное описание целей и задач проектирования UI для такого сервиса:

– Упрощение доступа к данным: целью UI является предоставление удобного и интуитивно понятного интерфейса для работы с данными из цифровой эксплуатационной модели. Пользователи должны легко находить, просматривать и анализировать информацию о зданиях, помещениях, оборудовании и других элементах.

– Оптимизация процессов управления недвижимостью: UI должен помогать управляющим компаниям эффективно контролировать и обслуживать объекты недвижимости на основе данных. Это включает планирование ремонтных работ, управление оборудованием, учет финансов и другие операции.

– Повышение прозрачности и коммуникации: цель UI состоит в обеспечении прозрачности и улучшения коммуникации между УК, жильцами, инженерами и другими стейкхолдерами. Информация из ЦЭМ должна быть доступна всем заинтересованным сторонам в понятном и удобном виде.

– Обеспечение безопасности и конфиденциальности данных: UI должен предоставлять механизмы защиты и контроля доступа к конфиденциальной информации из ЦЭМ. Это включает управление правами доступа и шифрование данных.

– Адаптация данных к любым платформам: сервис должен работать как на ПК, так и на мобильных платформах.

Основные задачи, которые стоят перед проектировщиками информационного сервиса это:

– Анализ потребностей пользователей;

– Определение структуры и организации данных;

– Создание интуитивно понятного интерфейса;

– Интеграция эксплуатационной модели;

– Возможность интеграции с другими программами.

На данный момент построен на основе программы Speckle. Она представляет собой открытую платформу для обмена ЦИМ в режиме реального времени. Она разработана с целью упростить совместную работу и обмен данными между различными программами и инструментами, используемыми в строительной индустрии.

Перечислим основные характеристика и возможности программы:

– Speckle предоставляет открытый и расширяемый набор инструментов и API для интеграции с различными программами. Это позволяет разработчикам и инженерам создавать собственные расширения и интеграции;

– Одной из основных особенностей Speckle является возможность обмена данными BIM в режиме реального времени. Это позволяет нескольким пользователям одновременно работать над одним проектом и видеть изменения мгновенно;

– Speckle упрощает обмен данными между различными программами BIM, такими как Revit, Rhino, Grasshopper, Blender, Unity и другими. Это помогает разрешить проблему изолированных данных в разных инструментах проектирования;

– Программа Speckle предоставляет открытый исходный код, что способствует активному участию разработчиков и созданию инноваций в сфере обмена данными BIM. Сообщество разработчиков активно вносит свой вклад в улучшение и развитие платформы;

– Speckle поддерживает обмен различными типами данных, включая геометрию, параметры элементов, свойства материалов, текстуры, расчеты и многое другое.

После анализа всех задач, приведенных выше были созданы первые макеты клиентского сервиса. Они приведены на рисунках 12, 13.

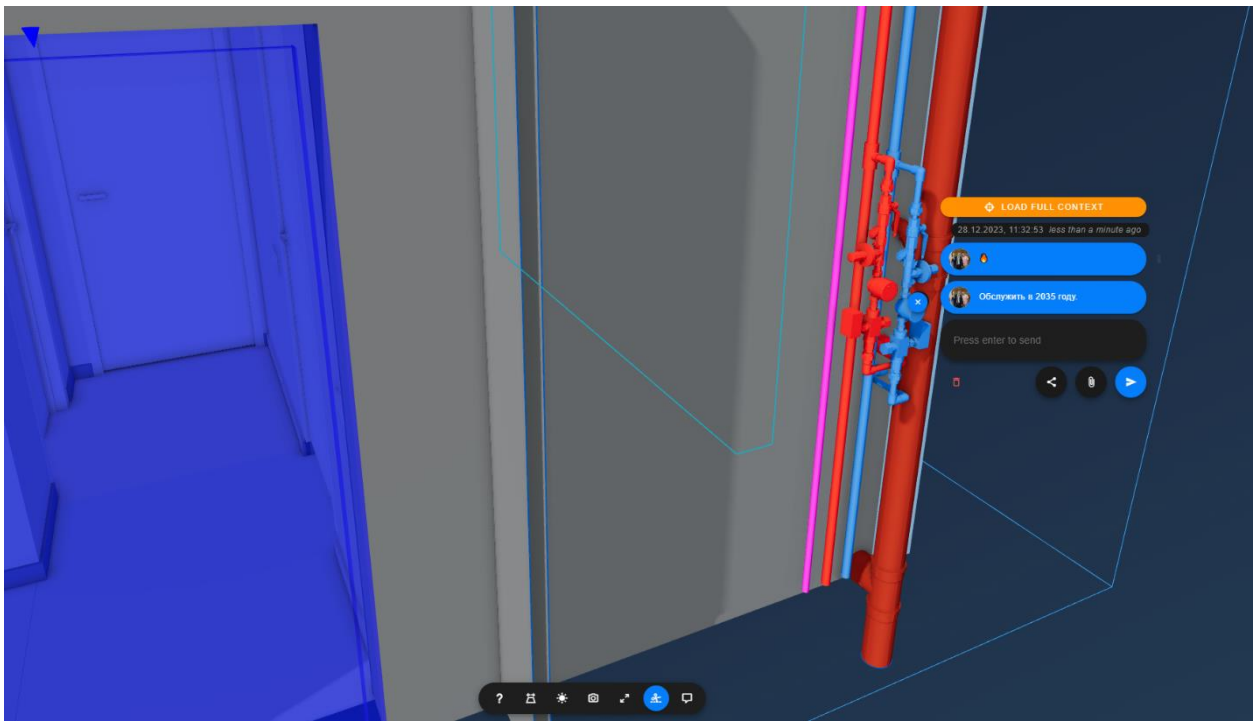

Рисунок 12 – Макет экрана сервиса

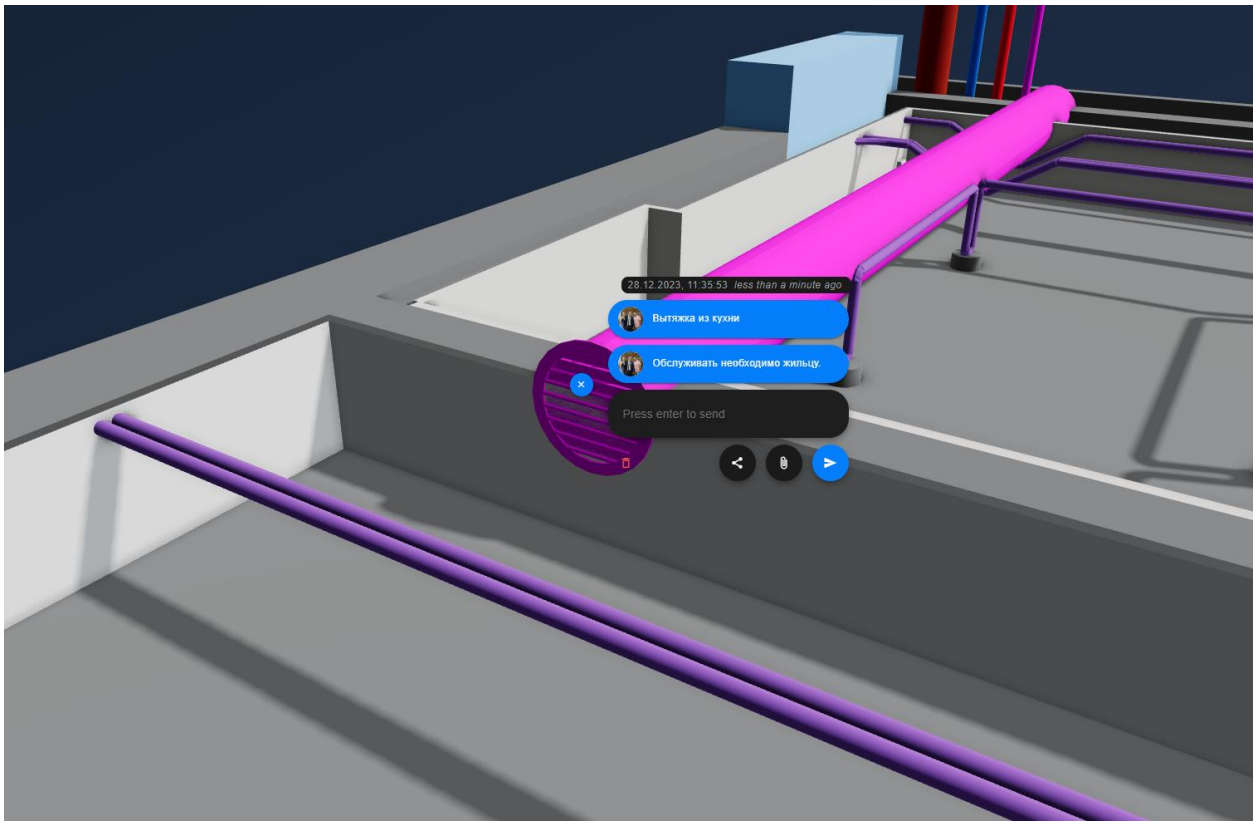

Рисунок 13 – Макет экрана сервиса

2.2 Интеграция с существующими информационными системами

Программа "Умное ЖКХ" представляет собой комплексное решение для автоматизации и оптимизации процессов управления жилыми комплексами и коммунальными услугами [20]. Основная цель данной программы — повышение эффективности работы управляющих компаний, улучшение качества обслуживания жильцов и снижение эксплуатационных затрат. Используя современные технологии, такие как Интернет вещей (IoT), большие данные (Big Data) и искусственный интеллект (AI), "Умное ЖКХ" позволяет создать более комфортные и безопасные условия для проживания, а также обеспечить прозрачность и оперативность в управлении жилыми объектами.

Способы интеграции могут быть разными — это может быть подключение датчиков и актуаторов в систему напрямую, бесшовная интеграция с программным обеспечением систем умного дома либо реализация через технологию deeplink. Сигналы с систем умного дома могут поступать как собственнику, так и при необходимости в ситуационный центр, созданный на базе платформы.

С помощью данной программы можно интегрировать различные системы умного дома в информационный сервис. Приведем примеры систем:

- Уведомление о протечке;
- Сценарии автоматического перекрытия;
- Постановка/снятие квартиры с охраны;
- Уведомление о срабатывании противопожарной системы;
- Управление подачей электроэнергии;
- Управление подачей тепла.

Интеграция программы "Умное ЖКХ" в информационный сервис может значительно повысить эффективность управления эксплуатацией зданий и улучшить качество обслуживания. Эта интеграция позволит объединить преимущества ЦЭМ с функциональностью и возможностями, предоставляемыми "Умным ЖКХ".

2.3 Выбор пилотного объекта для внедрения сервиса

Выбор пилотного объекта для внедрения клиентского сервиса для УК и жильцов является важным этапом процесса внедрения новой информационной системы. Данный этап помогает оценить эффективность сервиса, идентифицировать проблемы и потребности пользователей, а также собрать обратную связь для дальнейшего улучшения.

Основными критериями выбора пилотного объекта являются:

1. Готовность к внедрению новой системы: пилотный объект должен быть готов к внедрению нового клиентского сервиса. Это означает наличие необходимой инфраструктуры и поддержка со стороны УК.
2. Заинтересованность стейкхолдеров: стейкхолдеры пилотного объекта (как УК, так и жильцы) должны проявлять заинтересованность в тестировании нового клиентского сервиса. Их активное участие и обратная связь помогут сделать процесс тестирования более продуктивным;
3. Репрезентативность для других объектов: выбор пилотного объекта должен учитывать его репрезентативность для других объектов, которыми управляет компания. Успешная реализация на пилотном объекте должна демонстрировать применимость сервиса к другим объектам недвижимости.

В результате анализа данных критериев для внедрения сервиса был выбран проект “Блок 3.21”.

2.4 Внедрение эксплуатационной модели в работу

Процесс внедрения ЦЭМ в работу информационного сервиса включает несколько этапов, начиная с подготовки данных и заканчивая интеграцией и обучением пользователей.

Получив исполнительную ЦИМ, служба эксплуатации становится основным исполнителем задач менеджмента после сдачи объекта. Служба эксплуатации вносит в модель множество дополнений. Это новые данные,

необходимые для эффективной эксплуатации всех элементов здания (плановые ремонты, амортизация, замена расходных материалов), а также данные для решения задач, возникающих у пользователей жилого здания. Результатом этой работы является ЦЭМ.

Применение ТИМ в эксплуатации дает финансовую экономию, пропорциональную экономии временных затрат на периодический поиск информации по проекту, поиск скрытых систем и элементов здания.

С помощью ЦЭМ осуществляется прогнозирование затрат по замене оборудования и расходников, прогнозирование ремонтных работ.

Основой для прогнозирования служат данные о текущем состоянии и работе оборудования, которые собираются с помощью датчиков и других устройств, интегрированных в здание. Эти данные включают в себя показатели работы систем отопления, потребление электроэнергии и воды, состояние лифтов и т.д.

Информационный сервис сможет обрабатывать и анализировать эти данные, используя аналитические модели. Это позволит выявлять аномалии в работе оборудования, которые могут свидетельствовать о необходимости ремонта или замены.

На основе прогнозов информационный сервис сможет сформировать план проведения ремонтных работ и замены оборудования. Планирование будет включать в себя определение оптимальных сроков для проведения работ для минимизации неудобства жильцов, рассчитывать затраты на работы, создание заявок на проведение ремонтов и закупку оборудования.

Также сервис сможет предоставлять для жильцов и сотрудников УК интерфейс, где будут отображаться уведомления о предстоящих ремонтах и будет происходить отслеживание выполнения заявок.

После ремонтов или замены оборудования служба эксплуатации сможет вносить соответствующие изменения в модель.

Приведем примеры работы аналитики сервиса:

1. Сервис анализирует данные о работе лифта, такие как частота использования, нагрузка и интервалы между техническими осмотрами. При обнаружении отклонений от нормы система уведомляет технический персонал о необходимости проведения диагностики и возможного ремонта.

2. Данные о работе котельной установки показывают, что через определенные промежутки времени требуется замена ключевых компонентов. Сервис автоматически планирует замену оборудования в периоды минимального использования, чтобы избежать прерывания отопления в холодное время года.

На рисунке 14 приведены роли сотрудников УК при работе с моделью.

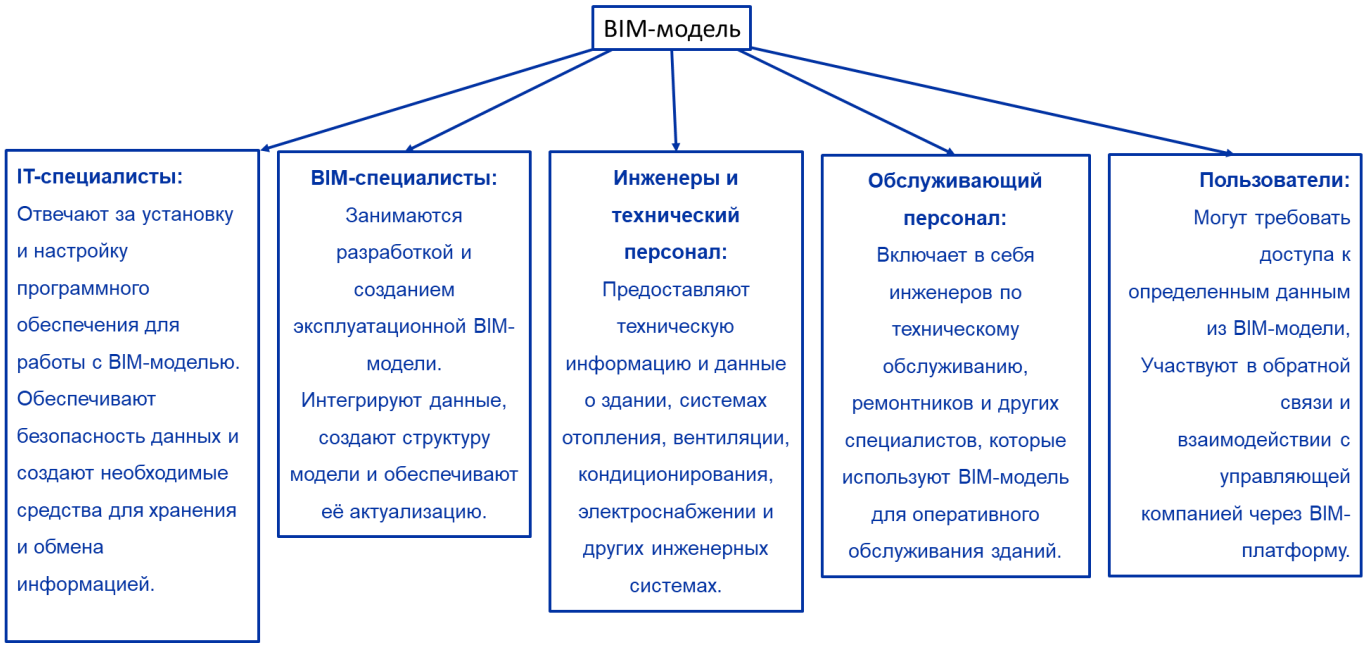

Рисунок 14 - Роли сотрудников при работе с моделью

2.5 Оценка эффективности использования сервиса жильцами и управляющей компанией

В будущем, для определения оценки успешности внедрения и использования информационного сервиса на основе эксплуатационной модели необходимо будет провести комплексную оценку его эффективности. Она будет включать оценку как эксплуатационных показателей, так и уровня

удовлетворенности жильцов и УК. Рассмотрим основные способы оценки эффективности сервиса.

1. Оценка удовлетворенности жильцов:
   - Отслеживание количества и типа заявок, поступивших от жильцов, и скорости их обработки;
   - Введение рейтинговой системы, позволяющей жильцам оценивать качество обслуживания;
   - Проведение анкетирования для сбора мнений о качестве сервиса, удобстве использования и уровне удовлетворенности.
2. Показатели эффективности работы УК:
   - Анализ снижения затрат на техническое обслуживание и эксплуатацию здания;
   - Оценка изменения производительности сотрудников УК благодаря автоматизации процессов и улучшенной организации труда.
3. Уровень взаимодействия УК и жильцов:
   - Оценка частоты и удобства использования мобильных и веб-приложений жильцами для взаимодействия с УК;
   - Измерение времени, необходимого для обработки и выполнения запросов жильцов;
   - Анализ качества и полезности отчетов, генерируемых сервисом, для принятия управленческих решений.

Комплексная оценка эффективности использования информационного сервиса с применением ЦЭМ здания включает анализ эксплуатационных показателей, уровня удовлетворенности жильцов, эффективности работы УК, качества взаимодействия и уровня комфорта и безопасности. Регулярное проведение оценки и мониторинг ключевых метрик позволяют своевременно выявлять проблемы и принимать меры для улучшения работы сервиса, обеспечивая высокое качество управления зданием и удовлетворенность всех заинтересованных сторон.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проектирование информационного сервиса для УК и жильцов с использованием ЦЭМ представляет собой современный подход к оптимизации управления многоквартирными домами. Данный проект направлен на решение множества актуальных проблем, таких как неэффективное управление заявками на ремонт, непрозрачный учет коммунальных услуг и недостаточная степенб коммуникации между УК и жильцами.

Исследование началось с детального анализа существующих проблем в управлении эксплуатацией зданий. Были выявлены основные недостатки традиционных методов управления, такие как недостаточная прозрачность, низкая эффективность взаимодействия между УК и жильцами, а также ограниченные возможности для анализа и прогнозирования состояния здания. Эти выводы подтвердили необходимость разработки информационного сервиса, основанного на ЦЭМ, который решает данные проблемы.

На основе анализа потребностей стейкхолдеров, включая УК, технический персонал и жильцов, были сформулированы функциональные и нефункциональные требования к сервису. Эти требования включали:

– Возможность мониторинга состояния здания в режиме реального времени;

– Инструменты для планирования и управления ремонтными работами;

– Учет и контроль потребления коммунальных ресурсов;

– Удобный интерфейс для взаимодействия с жильцами и автоматизация процесса подачи заявок;

– Высокая надежность, безопасность данных и масштабируемость системы.

Разработка информационного сервиса для УК и жильцов на основе ЦЭМ является значительным шагом вперед в области управления эксплуатацией

недвижимости. Сервис позволяет не только автоматизировать и оптимизировать текущие процессы, но и внедрить современные технологии для прогнозирования и планирования, что ведет к улучшению качества обслуживания и снижению эксплуатационных затрат.

В дальнейшем планируется продолжить развитие сервиса, расширяя его функциональные возможности, интегрируя новые технологии и адаптируя под специфические требования к различным типам недвижимости. Это позволит создать универсальное решение для управления эксплуатацией зданий, соответствующее современным стандартам и ожиданиям пользователей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Киселева О., Богославский В., Матвиенко К. ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКСОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ // Control Engineering Россия. - 2019. - №02. - С. 32-37.
2. IoT-технологии // Inspark URL: https://inspark.ru/ (дата обращения: 29.03.2024).
3. Inspark. IoT Platform // Цифровой маркетплейс URL: https://platforms.su/platform/5920 (дата обращения: 29.03.2024).
4. 7D Modeler // PROTИМ URL: https://pro-tim.ru/products/programmnye-resheniya/stroitelstvo/kompleksnoe-reshenie/7d-modeler/ (дата обращения: 01.04.2024).
5. Программный комплекс для 7D-моделирования строительных проектов (7D Modeler) // Открытые ТИМ Системы URL: https://openbimsystems.ru/7d-modeler (дата обращения: 01.04.2024).
6. SODIS BUILDING FM - Системы управления эксплуатацией // Sodis LAB URL: https://www.sodislab.com/ru/sbfm (дата обращения: 05.04.2024).
7. YouBIM® BIM for FM. Buildings // YOUBIM URL: https://www.youbim.com/product-packages/youbim-bim-for-fm-simple/ (дата обращения: 05.04.2024).
8. BIM и ТИМ: обязательное использование в 2022 году в госзаказе // ПСС URL: https://pssbim.ru/stati/bim-i-tim-tekhnologii-v-2022-godu.html (дата обращения: 29.03.2024).
9. Чернявский И.А., Ларин Н.С. ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА // Инженерный вестник Дона. - 2023. - №04. - С. 3-13.
10. Талапов В.В., Таныгина Е.А. Об общей схеме информационной модели объекта недвижимости // Вестник СГУГиТ. - 2018. - №2. - С. 211-218.
11. Бузало Н.А., Царитова Н.Г., Платонова И.Д., Лысенко В.Н. Параметрическое моделирование конструкций в среде визуального

программирования // Вестник Евразийской науки, 2021 №4, https://esj.today/PDF/03SAVN421.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

12. Гудзь С.В. ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ СМЕТНОГО ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ // Столыпинский вестник. - 2023. - №4. - С. 1714-1719.

13. Колчин В.Н. Применение BIM-технологий в строительстве и проектировании // Инновации и инвестиции. - 2019. - №2. - С. 209-214.

14. Фонтокина В.А., Савенко А.А. Самарский Е.Д. РОЛЬ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА // Вестник евразийской науки. - 2022. - №1. - С. 1-11.

15. Гутгарц Р.Д., Полякова П.М. Анализ особенностей формулирования функциональных требований к автоматизированной информационной системе // Программные продукты и системы. 2019. Т. 32. № 3. С. 358-367. DOI: 10.15827/0236-235X.127.358-367.

16. Бьёрн А. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования / А. Бьёрн – М.: РИА «Стандарты и качество», 2003

17. Ползунова Н.Н., Сухарева Т.А. УПРАВЛЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ СО СТЕЙКХОЛДЕРАМИ ПРОЕКТА // Journal of Monetary Economics and Management. - 2021. - №2. - С. 28-32.

18. Лекция 14. Основные принципы проектирования пользовательского интерфейса // Studfiles URL: https://studfile.net/preview/423781/ (дата обращения: 19.05.2024).

19. Дудник Е.А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ (лабораторный практикум по программированию в среде Delphi). - Рубцовск: 2022. - 72 с.;

20. Единая платформа для управляющей компании // Умное ЖКХ URL: https://умное-жкх.рф/components (дата обращения: 25.05.2024).