

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)"

ФАКУЛЬТЕТ ИННОВАЦИЙ И ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ПРИКЛАДНЫХ ПРОБЛЕМ ИННОВАЦИЙ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ РАБОТА)

Направление подготовки: "Прикладные математика и физика"

НА ТЕМУ:

**ЕДИНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ
СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ И СОПРОВОЖДЕНИЯ
ПРОЕКТОВ, СОЗДАНЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАНДАРТА
VIM**

Студент _____ Княжев В.А.

Научный руководитель _____ Зырин С.В.

г. Москва, 2019

Оглавление

1	Введение	2
1.1	Актуальность проблемы	2
1.2	Постановка задачи	4
2	Основная часть	5
2.1	Стандарт BIM	5
2.2	Формат данных	9
2.3	Пользовательские истории	12
2.3.1	Набор персонажей	12
2.3.2	Действия пользователей	16
2.3.3	Карта пользовательских историй	19
2.4	Бизнес-требования	20
2.4.1	Исходные данные	20
2.4.2	Бизнес-цели	21
2.4.3	Критерии успеха	21
2.4.4	Положение о концепции проекта	21
2.5	Ограничения системы	22
2.5.1	Основные функции	22
2.5.2	Ограничения и исключения	22
2.6	Функции системы	23
2.7	Описание системы	27
2.8	Описание алгоритмов	28
2.9	Инфраструктура веб-платформы	29
2.10	Характеристики качества	30
3	Заключение	31

Глава 1

Введение

1.1 Актуальность проблемы

Темпы строительства зданий и промышленных объектов в мире и сложность конструкций увеличивается с каждым годом [1]. Ранее использовавшиеся методы проектирования чертежей на бумаге отходят на второй план, и все более активно используются компьютерные технологии [2], а также становится очевидной необходимость повсеместного введения стандартов проектирования зданий.

Одним из наиболее современных стандартов проектирования является стандарт BIM (Building Information Modeling) [3]. Его концепция позволяет не только проектировать здания, но также охватить весь их жизненный цикл: от управления затратами и строительством здания до его эксплуатации.

Подобная всеобъемлемость хороша тем, что вся информация о конструкции содержится в одном проекте. Это помогает сохранять целостность данных, позволяет быстрее выявлять ошибки и уменьшать стоимость ремонта. Но также из этого вытекает необходимость координации одновременной работы большого количества людей над одним проектом: крупных команд архитекторов, иногда распределенных по всему миру, эксплуатирующих организаций и всех других людей, участвующих в обслуживании здания.

Поэтому очень важно иметь возможность одновременного изменения

ВІМ представления объекта разными людьми без потери каких-либо данных. Но малейшая ошибка в одном из элементов конструкции, не обнаруженная вовремя, может привести к серьезным последствиям, например к дополнительным затратам на проект. Поэтому важно в любой момент времени иметь доступ к электронному журналу аудита всех изменений проекта.

TODO добавить предложение для перехода в постановке задачи

1.2 Постановка задачи

Требуется разработать веб-систему, которая бы могла предоставить пользователям следующие возможности:

1. Управление жизненным циклом проектов.
Создание проекта, добавление, редактирование и удаление файлов, управление правами доступа к проекту.
2. Отслеживание изменений проекта во времени.
Отображение списка всех изменений проекта, а также возможность просмотра версии данных или внесенных в проект изменений в конкретный момент времени.
3. Одновременное внесение изменений в проекты несколькими пользователями.
Пользователи могут работать над разными частями проекта в одно и то же время. При наличии конфликтующих изменений предоставляется возможность сохранения изменений, внесенных как другими пользователями, так и текущим.
4. Подготовка окружения, запуск системы и ее масштабируемость.
Возможность быстрой подготовки окружения и запуска сервиса для мгновенного развертывания веб-платформы. В моменты пиковой нагрузки пользователей, веб-платформа не должна терять производительность.

Глава 2

Основная часть

2.1 Стандарт BIM

BIM (Building Information Modeling или информационное моделирование здания) - это стандарт создания проектов строительных объектов, с учетом физических и функциональных характеристик. В основе проектов, созданных по этому стандарту, лежит информация о каждом из создаваемых объектов.

Исторически, компьютерные проекты зданий были просто цифровыми аналогами бумажных чертежей, которые использовались архитекторами, дизайнерами, инженерами и строительными бригадами. Это крайне неэффективный способ планирования строительства, потому что разные команды должны получать доступ к информации проекта по-разному, часто в разное время на протяжении всего проекта.

Архитекторам нужны «чертежи» - планы, разрезы и фасады. Дизайнерам интерьера нужны 3D модели. Строителям и инженерам нужно третье. Если использовать стандартные подходы к планированию, необходимо затратить время специалистов на графическую конвертацию архитектурного чертежа в необходимый формат. Любые внесенные в архитектурный проект изменения должны распространяться по каждому файлу вручную, и затем проверяться на правильность.

При данной схеме проектирование здания становится трудоемким итеративным процессом без единого источника информации об объекте, и

соответственно с большой вероятностью ошибок и несоответствий между версиями разных специалистов.

ВІМ позволяет решать эти проблемы: на передний план выходит не графическое представление, а информация о каждом из объектов в будущем здании, а затем уже эти данные представляются графически.

В общем, объект ВІМ - это любой аспект здания, который не является частью информации о материалах строительства. Объекты ВІМ подразделяются на два типа: составные и слоистые.

- **составные объекты**

Имеют фиксированные очертания и размеры. Это могут быть окна, двери, трубопроводы, воздуховоды, электромонтажные работы и т. д.

- **слоистые объекты**

Не имеют фиксированных форм или размеров и включают в себя большинство конструктивных элементов, таких как кровля, стены и потолки.

С практической точки зрения объекты ВІМ далее подразделяются на общие и частные объекты. Общие объекты содержатся в библиотеках объектов, общих для большинства программ ВІМ, и используются на начальном этапе проектирования. Частные объекты - это объекты, которые отражают характеристики конкретных коммерческих продуктов, которые будут использоваться в строительстве. Как правило, они создаются для каждого проекта индивидуально.

Входные данные о конструкции и дизайне, состоящие из объектов ВІМ, могут быть сделаны через графический интерфейс. Информация о разных сферах проекта хранится отдельно, но может быть сгенерирована в любом количестве форматов.

Подобная структура проектов, созданных по стандарту ВІМ, предоставляет возможности для работы нескольких команд, которые могут физически находиться в разных частях света, одновременно над одним проектом [4]. Автоматическая и простая конвертация из одного формата в другой позволяет сокращать трудозатраты специалистов и соответствен-

но облегчает взаимодействие между несколькими командами.

Существует несколько уровней зрелости стандарта BIM:

1. Уровень 0 BIM

Фактически означает только 2D чертеж и отсутствие коллаборации. Распространение проекта между группами осуществляется через бумажные или электронные версии.

2. Уровень 1 BIM

На этом уровне 3D модели используются для визуализации концепции, и 2D чертежи для разработки строительной документации. Обмен информацией осуществляется через общую среду данных, которая обычно обеспечивается заказчиком.

3. Уровень 2 BIM

Представляет собой комплексную модель, работа над которой ведется специалистами из разных областей деятельности в различных программах. Сборка общей модели данных, ее анализ и выявление коллизий (конфликтов) должны осуществляются в специальных программных приложениях. Данный уровень предполагает добавление следующих измерений: 4D (время) и 5D (стоимость). Любое программное обеспечение САПР, используемое каждой из команд, должно быть способно экспортировать данные о проекте в один из распространенных форматов файлов, таких как IFC или COBie.

4. Уровень 3 BIM

Разрабатываемый проект использует единую интегрированную модель, содержащуюся в отдельных дисциплинарных “инструментах BIM” с вложенными данными, которая также совместима с открытым форматом данных IFC. Данная модель создается и используется для управления жизненным циклом проекта, также в ней хранится информация о выполнении строительных работ и затратах.

Стандарт BIM был введен в ряде стран на законодательном уровне [5]. Первыми ввели обязательное использование стандарта BIM ряд скандинавских стран: в Финляндии и Дании он обязателен с 2007 года. Так, правительство Великобритании обязало всех участников отрасли с апреля 2016 года выполнять все финансируемые государством проекты на втором уровне зрелости [6]. Решение было принято в частности после того, как стало ясно, что использование BIM стандарта второго уровня зрелости помогло сэкономить £840М в 2013-2014 годах, в нескольких больших европейских странах, включая Францию и Германию. В России использование стандарта BIM будет введено летом 2019 года для зданий, строящихся по государственному заказу по поручению президента [7].

2.2 Формат данных

Существует множество способов хранения и управления данными в рабочем процессе BIM. В результате пользователям предлагается большое количество различных форматов файлов. Обычно пользователи работают со специализированным программным обеспечением в зависимости от их области деятельности. Нам же надо выбрать универсальный формат данных, чтобы и архитекторы, и инженеры могли работать с ним.

Рассмотрим форматы данных, которые реализуют стандарт BIM. Можно выделить две основные категории форматов данных:

- частные

Файлы, которые могут быть прочитаны только определенным программным обеспечением.

Примеры форматов:

- RVT

Собственный формат Autodesk для файлов Revit, который можно открыть только в специализированной программе Revit.

- NWD

Собственный формат Autodesk для файлов Navisworks, который можно открыть только в Navisworks Freedom или Navisworks Manage.

- DWG

Собственный формат Autodesk для файлов AutoCAD. Данный формат является наиболее универсальным для просмотра и создания проектов. Файлы DWG доступны для редактирования в любой программе на основе САПР.

- открытые

Открытые форматы файлов не зависят от производителя. Они могут быть прочитаны и отредактированы любым программным обеспечением. Обычно данные форматы данных сопровождаются открытым исходным кодом и возможностью развития мировым об-

ществом.

Примеры форматов:

– IFC

Industry Foundation Classes (IFC)- наиболее распространенный формат данных с открытой спецификацией, реализующий стандарт BIM. Ряд программ, включая Revit и Navisworks, могут открывать файлы IFC и работать с ними.

– COBie

Открытый формат данных, который не хранит в себе графические / геометрические данные, но позволяет передавать большие наборы разных данных, созданных во время проектирования и строительства конечному пользователю в удобочитаемом виде.

Использование частных форматов вендоров программного обеспечения может препятствовать взаимодействию членов команды, если они пользуются различными типами данных. Нам требуется найти такое решение, которое позволит поддержать взаимосвязи различных BIM моделей и формата обмена данными. Остановимся на открытых форматах данных BIM, которые подразумевают универсальный подход к созданию проекта, строительству и эксплуатации объектов, базирующийся на открытых стандартах и процессах.

Основная разница между двумя выше указанными открытыми форматами данных модели BIM состоит в том, что COBie помогает профессионалам обмениваться различными данными, сохраняя их в удобочитаемой форме, тогда как IFC помогает различным программам понимать и обмениваться данными в едином формате, что для нас важнее. Поэтому в данной работе используется IFC формат данных.

Подытоживая, можно выделить следующие основные преимущества IFC формата:

1. Единый язык модели для различных областей использования.
2. Универсален, позволяет хранить различные данные в одной моде-

ли.

3. Открытый формат данных.
4. Разрабатывается независимым сообществом.
5. Наличие иерархии и взаимосвязей между компонентами архитектурно-строительной модели.
6. Возможность конвертации в/из других форматов данных.

2.3 Пользовательские истории

Пользовательские истории (user story) – способ описания требований к разрабатываемому продукту, которые сформулированы на понятном пользователю языке. Каждая пользовательская история должна быть ограничена в размере и сложности ее реализации.

Пользовательские истории – быстрый способ документирования основных требований клиента, их целью является оперативное регистрирование на изменения требований реального мира.

Текст каждой пользовательской истории должен пояснять роль пользователя и его действия в системе. Для начала требуется определить список основных пользователей нашей системы.

2.3.1 Набор персонажей

Для получения конечного списка персонажей воспользуемся иерархически кластеризацией. Требуется составить список протоперсонажей (персонажей-гипотез), создать список шкал умений, поведенческих и мотивационных переменных. Далее, с помощью кластеризации персонажей по ранее составленным критериям (в данной работе проводится кластеризация с помощью дендограмм), проанализировать первоначальный список персонажей и сократить его до самых значимых.

Персонажи-гипотезы

1. Архитектор
2. Главный архитектор
3. Дизайнер
4. Студент технического направления
5. Инвестор
6. Строитель

Умения, поведенческие и мотивационные переменные

Выделены следующие характеристики, в той или иной мере описывающие наших персонажей-прототипов.

1. Уровень технического образования
1 - законченная средняя школа, 5 - PhD
2. Знание иностранных языков
1 - beginner, 5 - proficiency
3. Опыт работы с персональными компьютерами
1 - обычный пользователь, 5 - администратор ПК
4. Цели использования нашей системы
1 - протестировать систему, 5 - коммерческое использование
5. Частота использования нашей системы
1 - единичное использование, 5 - постоянное взаимодействие с системой
6. Масштабы создаваемых проектов
1 - домашние маленькие проекты, 5 - проекты крупных зданий
7. Умение проектировать архитектурные модели
1 - нет опыта, 5 - опыт более 5 лет и профессиональное образование
8. Платежеспособность
1 - отсутствие постоянного дохода, 5 - наличие крупных бизнесов

Матрица сходства персонажей

В данной матрице в первом столбце перечислены все персонажи-прототипы, в первой строке перечислены номера указанных выше описательных характеристик.

Таблица 2.1: Матрица сочетаний персонажей и характеристик

Персонаж	1	2	3	4	5	6	7	8
Архитектор	4	2	3	4	4	4	4	3
Гл. архитектор	5	5	4	5	5	5	5	4
Дизайнер	3	2	3	3	3	2	3	3
Студент	3	2	3	2	2	2	3	1
Инвестор	4	5	4	5	2	5	1	5
Строитель	2	1	2	3	3	4	2	2

Построение дендограммы

Под дендрограммой понимается дерево, которое построено на основе матрицы мер близости. Она позволяет отобразить взаимные связи между объектами из первоначально заданного множества объектов. Для построения дендрограммы требуется составить матрицу сходства, которая определяет уровень сходства между парами кластеров.

При построении дендограмм могут использоваться следующие способы кластеризации данных:

- *Агломеративные методы*

Когда новые кластеры создаются путем объединения более мелких кластеров, дерево строится от листьев к корню.

- *Дивизивные или дивизионные методы*

Когда более крупные кластеры делятся на более мелкие, дерево строится от корня к листьям.

В данной работе используется агломеративный метод, а именно метод одиночной связи (ближайшего соседа). Расстояние между двумя раз-

личными кластерами берется равным минимальному расстоянию между двумя элементами из них

$$dist(\mathcal{A}, \mathcal{B}) = \min\{d(a, b) : a \in \mathcal{A}, b \in \mathcal{B}\} \quad (2.1)$$

где $d(a, b)$ – расстояние между элементами a и b , принадлежащими кластерам \mathcal{A} и \mathcal{B}

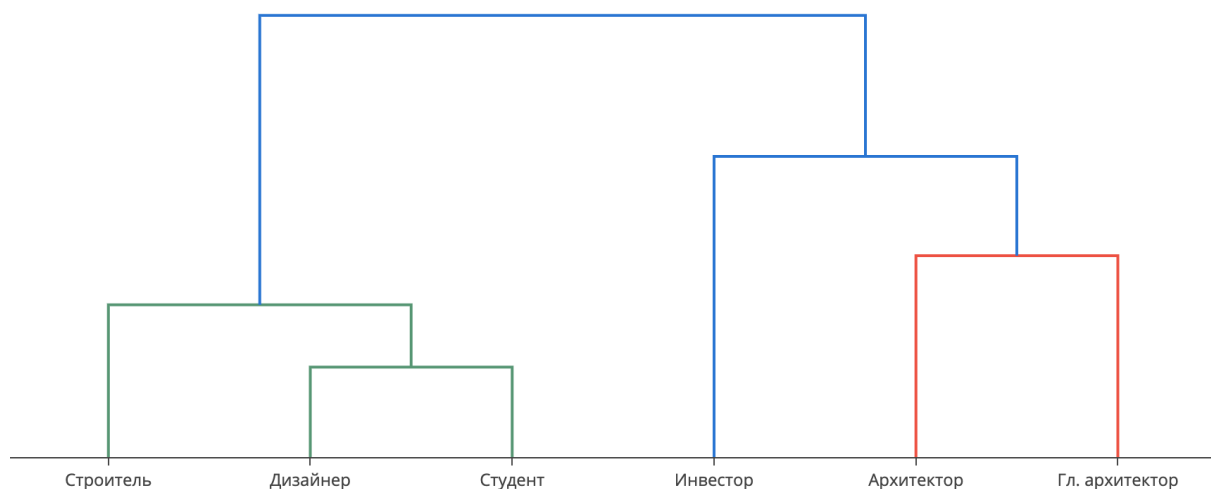


Рис. 2.1: Дендограмма.

Итоговый набор персонажей

Конечный набор персонажей, которые будут анализироваться в данной работе, представлен ниже:

- Главный архитектор
- Архитектор
- Куратор проекта
- Строитель

Куратором проекта в данном случае является любое лицо, которое желает следить за процессом разработки архитектурных проектов, например, инвестор.

2.3.2 Действия пользователей

Описанные в разделе ранее пользователи имеют следующие цели при работе с нашей системой, а также планируют выполнять определенные действия с некоторыми ограничениями.

Главный архитектор

Личные цели:

1. Создание крупных архитектурных проектов зданий.
2. Контроль над процессом разработки проекта.

Действия:

1. Начать новый архитектурный проект.
2. Итеративная разработка отдельных частей архитектурной модели.
3. Анализ выполненной командой работы.
4. Управление командами проектирования в различных проектах.

Требования:

1. Масштабируемость системы для поддержки работы большого количества людей.
2. Возможность получить данные проекта в любой выбранный промежуток времени.
3. Создание проектов в едином формате данных (IFC4 или IFC2x3).
4. Доступ к системе из любой точки мира.
5. Возможность предоставить права доступа к выбранному проекту как только на чтение, так и на редактирование.

Архитектор

Личные цели:

1. Проектирование сложных архитектурных строений.
2. Обучение на основе истории изменений проекта.

Действия

1. Итеративная разработка отдельных частей архитектурной модели.
2. Анализ выполненной другими членами команды работы над проектом.

Требования

1. Возможность одновременной работы с другими членами команды.
2. Возможность детализированного просмотра изменений проекта.
3. Разработка проектов в едином формате данных.
4. Отказоустойчивость системы.

Куратор

Личные цели:

1. Контроль над инвестиционными архитектурными проектами.

Действия

1. Просмотр истории этапов проектирования и строительства архитектурного проекта.
2. Получение детализированного описания изменений в выбранной итерации разработки проекта.

Требования

1. Понятный веб-интерфейс системы.

2. Доступ к системе из любой точки мира.
3. Возможность использования API системы для стороннего проекта.
4. Целостность хранимой информации.

Строитель

Личные цели:

1. Планирование строительства на основе функциональных и физических данных архитектурного проекта.

Действия

1. Детальное изучение цифрового контента выбранной версии проекта с целью извлечения важных для строительства характеристик.

Требования

1. Простой веб-интерфейс системы.
2. Получение данных о модели архитектурного объекта в выбранной итерации разработки.
3. Сравнительно недорогая лицензия на использование продукта.

2.3.3 Карта пользовательских историй

Итоговый набор пользовательских историй выглядит следующим образом.

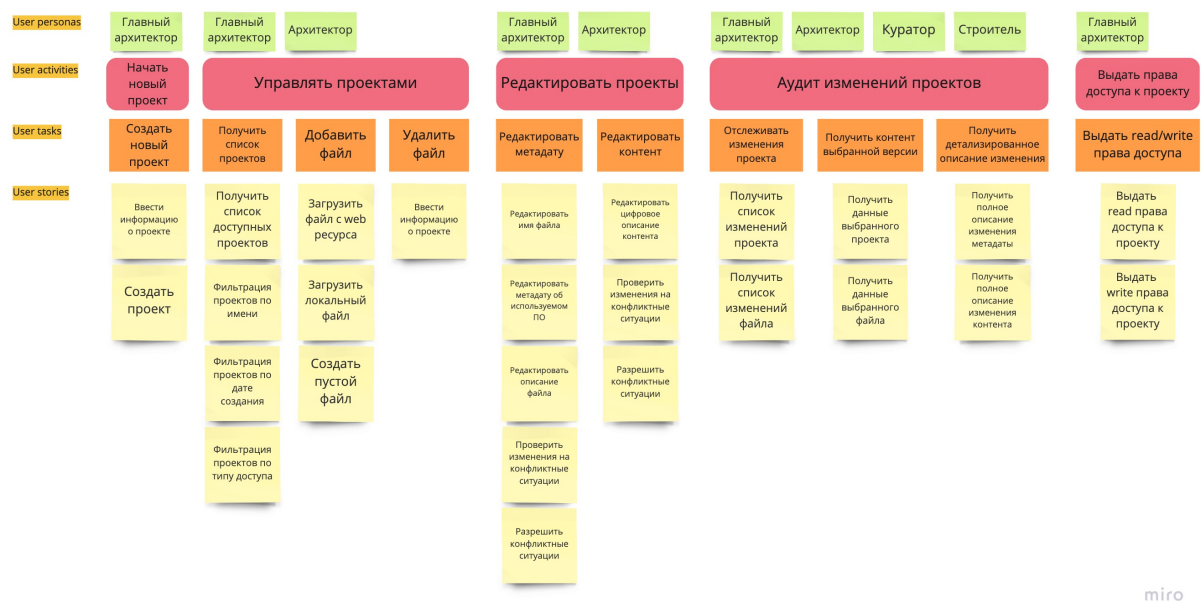


Рис. 2.2: Пользовательские истории.

2.4 Бизнес-требования

Бизнес-требования (business requirements) – информация, в совокупности описывающая потребность, которая инициирует один или больше проектов с целью предоставить решение и получить требуемый конечный результат. В основу бизнес-требований ложатся бизнес-возможности, бизнес-цели, критерии успеха и положение о концепции.

Бизнес-требования определяют концепцию решения и границы проекта, в котором оно будет реализовываться.

Концепция и границы – два базовых элемента бизнес-требований.

Концепция продукта (product vision) должна кратко описывать конечный продукт, который в свое время должен достигать заданных бизнес-целей.

Границы проекта (project scope) показывают, какая часть конечной концепции продукта будет реализована в текущей итерации.

В данной работе границы проекта совпадают с концепцией решения.

Документ о концепции и границах (vision and scope document) – единый документ, который включает в себя все бизнес-требования.

Далее будут представлены основные пункты этого документа.

2.4.1 Исходные данные

На данный момент архитекторам требуется веб-платформа для одновременной работы с архитектурными проектами без потери данных, которая также предоставляла бы доступ к электронному журналу аудита всех изменений проектов.

2.4.2 Бизнес-цели

Таблица 2.2: Нефинансовые цели

№	Цель
Н1	Разработать веб-платформу для управления жизненным циклом архитектурных проектов
Н2	Реализовать возможность одновременного редактирования проектов и разрешения конфликтов в случаях их наличия
Н3	Реализовать хранение журнала аудита всех изменений проектов и возможность его просмотра

2.4.3 Критерии успеха

- Веб-платформа позволяет управлять жизненным циклом архитектурного проекта.
- Веб-платформе предоставляет возможность просмотра электронного журнала аудита изменений проекта.
- Веб-платформа позволяет разрешать конфликты, возникающие при одновременном редактировании, без потери данных.

2.4.4 Положение о концепции проекта

Для пользователей, которым требуется управлять жизненным циклом архитектурных проектов и иметь возможность отслеживать изменения во времени, данная работа является веб-платформой, которая будет выступать в качестве единой системы по хранению и изменению архитектурных проектов без потери данных с возможностью просмотра электронного журнала аудита изменений.

2.5 Ограничения системы

2.5.1 Основные функции

1. Просмотр списка доступных пользователю проектов.
2. Создание проекта.
3. Управление правами доступа к проекту.
4. Добавление файлов в проект.
5. Изменение метадаты проекта и его файлов.
6. Удаление файла из проекта.
7. Просмотр контента файла.
8. Редактирование контента файла.
9. Просмотр журнала аудита изменений проекта.
10. Просмотр контента проекта в определенный промежуток времени.
11. Просмотр списка изменений, внесенных в проект в определенный момент времени.
12. Разрешение конфликтных ситуаций при редактировании файлов проекта.

2.5.2 Ограничения и исключения

- Размер каждого файла должен не превышать 150 Мб (ограничение IFC формата).
- В данной работе не предполагается возможность создания файлов со связанными между собой BIM представлениями объектов.

2.6 Функции системы

1. Просмотр списка проектов

Пользователь может просмотреть список доступных ему проектов. Также для поиска проектов имеется возможность фильтрации данных по различным полям.

Таблица 2.3: Просмотр списка проектов

Функциональные требования:	
ПСПФ1	Система должна предоставить список всех проектов по заданным фильтрам.
ПСПФ2	Записи проектов должны содержать следующую информацию: имя, описание проекта, даты создания и последнего изменения, имя владельца, а также краткую информацию о файлах.
Нефункциональные требования:	
ПСПН1	Пользователю отображаются только те проекты, владельцем которых он является, или к которым он имеет доступ на чтение или редактирование .

2. Создание проекта

Создание проекта с возможностью указания его названия и полного описания.

Таблица 2.4: Создание проекта

Функциональные требования:	
СПФ1	При создании проекта система должна предоставить пользователю идентификатор, по которому он теперь сможет работать с только что созданным проектом.
СПФ2	При создании проекта система предоставляет пользователю возможность ввести имя и описание нового проекта.

3. Управление правами доступа к проекту

Предоставление доступа либо на чтение, либо на редактирование к проекту другим пользователям.

Таблица 2.5: Управление правами доступа

Функциональные требования:	
ПДФ1	Каждому пользователю можно выдать права доступа к проекту.
Нефункциональные требования:	
ПДН1	Права пользователей подразделяются на чтение, редактирование. Права на чтение подразумевают только просмотр всех данных проекта и его изменений. Права на редактирование включают в себя права на чтение, а также возможность управлять жизненным циклом проекта.
ПДН2	Только владелец проекта имеет возможность предоставлять какие-либо права доступа к проекту.
ПДН3	По умолчанию новый проект доступен только его владельцу.

4. Добавление файлов в проект

В уже созданный проект происходит добавление нового файла с контентом. Загружаться данные могут как по ссылке, так и сам файл с данными. Есть возможность создать пустой файл.

Таблица 2.6: Добавление файлов в проект

Функциональные требования:	
ДФФ1	При невозможности загрузить данные система должна оповестить об этом пользователя (с указанием причины).
ДФФ2	Система предоставляет возможность загрузить файл с другого веб-источника данных.
ДФФ3	Система предоставляет возможность загрузить локальный файл с персонального компьютера пользователя.
ДФФ4	Система предоставляет возможность создать полностью пустой файл.
Требования к данным:	
ДФД1	Формат загружаемых данных должен соответствовать стандарту IFC .
ДФД2	Максимальный размер загружаемых данных - 150 Мб.

5. Редактирование контента файла

Пользователь имеет возможность изменить контент неудаленных файлов в проектах.

Таблица 2.7: Редактирование контента файла

Функциональные требования:	
РКФ1	После внесения изменений в контент текущей версии файла система должна проверить корректность данного изменения и оповестить пользователя либо о невозможности выполнения, либо об успешности операции
РКФ2	После внесения изменений в контент файла система должна обновить историю проекта
Нефункциональные требования:	
РКН1	Вносить изменения разрешается только в неудаленные файлы

2.7 Описание системы

2.8 Описание алгоритмов

2.9 Инфраструктура веб-платформы

2.10 Характеристики качества

Глава 3

Заключение

Литература

1. *GlobalData. Global construction output growth to reach 3.4% in 2019* // Публикация на www.globaldata.com. 11 April 2019.
2. *Ar. Mustakeem Raza Khan, Prof. S.K Gupta, Ar. Rakesh Kumar. Role of Computer's Technology: Architectural Design* // International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)
3. *Karen M. Kensek, Douglas E. Noble. Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice (1st ed.)* // 2014 Hoboken, New Jersey: John Wiley
4. *Arayici, Y, Coates, P, Koskela, LJ, Kagioglou, M, Usher, C. Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice)* // Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice, Automation in Construction, 2011. pp. 189-195.
5. *McAuley, B., Hore, A. and West R. BICP Global BIM Study - Lessons for Ireland's BIM Programme* // Construction IT Alliance (CitA), 2017
6. *UK Government. Level 3 Building Information Modelling - Strategic Plan* // Digital Built Britain, February 2015
7. *Президент Российской Федерации Путин В. В. Поручение ПР-1235* // 19.07.2018.