Платформа BIM VR

Описание системы

Версия 1.0

Оглавление

Оглавление **2**
Термины и сокращения **3**
1 Общие положения **4**
1.1 Назначение документа 4
1.2 Область применения 4
2 Назначение Системы **5**
3 Архитектура Платформы **6**
3.1 Основные программные компоненты 6
3.2 Основные функциональные модули 8
3.2.1 Портал администрирования 8
3.2.2 Подготовка и стриминг моделей в VR 8
3.2.3 VR Клиент 8
4 Функциональные возможности Платформы **9**
4.1 Модуль «Портал администрирования» 9
4.1.1 Управление пользователями 9
4.1.2 Управление BIM моделями 10
4.1.3 Пользовательские папки 11
4.1.4 Мониторинг состояния серверов стриминга и агентов 12
4.1.5 Центр обновлений ПО 12
4.2 Модуль «Подготовка и стриминг BIM модели» 12
4.2.1 Агент 12
4.2.2 Конвертер 13
4.2.3 Сервер стриминга 13
4.3 Модуль «VR Клиент» 14
4.3.1.1 Авторизация пользователей 15
4.3.1.2 Лобби 15
4.3.1.3 Аватар 16
4.3.1.4 Главное меню 16
4.3.1.5 Отображение модели 18
4.3.1.6 Управление с помощью контроллера 19
5 Интеграция с внешними системами **20**
5.1 Импорт моделей из внешних систем 20
5.2 Плагин для экспорта моделей и данных 20
5.3 Экспорт заметок 20
6 Технические требования **21**
6.1 Аппаратное обеспечение 21
6.2 Программное обеспечение 21
6.3 Масштабирование и производительность 21

Термины и сокращения

Термин/сокращение	Описание
BIM	Building information Model (BIM) - это информационные модели зданий, включающие цифровые данные о физических и функциональных характеристиках зданий или других физических активов и объектов. BIM поддерживается различными инструментами, процессами, технологиями и контрактами
BIM модель	Объектно-ориентированная модель строительного объекта или комплекса строительных объектов, как правило, в трёхмерном виде, с элементами которой связаны данные геометрических, физических и функциональных характеристик строительного объекта, которые можно извлекать, обменивать или объединять и просматривать на платформе BIM VR.
DWG	Формат файлов 3D-моделей.
GLB	Формат файлов 3D-моделей.
IFC	Формат файлов BIM-моделей.
LOD	(англ. Levels of Detail — уровни детализации) — приём в программировании трёхмерной графики, заключающийся в создании нескольких вариантов одного объекта с разным уровнем детализации
NWC	Формат файлов Navisworks
POI	Point Of Interest – точка в пространстве модели с ориентацией камеры и текстовым описанием
RVT	Формат файлов Revit.
VR	Виртуальная реальность (ВР, англ. virtual reality) — созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его ощущения: зрение, слух, осязание и другие. Виртуальная реальность и митирует как воздействие, так и реакции на воздействие. Для создания убедительного комплекса ощущений реальности компьютерный синтез свойств и реакций виртуальной реальности производится в реальном времени.
VR гарнитура	Устройство надеваемое на голову, предназначенное для передачи человеку опыта виртуальной реальности.
БД	База данных.
Вертекс	Структура данных, которая описывает определённые атрибуты, например положение точки в 3D пространстве
Заметка	Структура данных которая позволяет сохранять и вызывать различные настройки, связанные с видом и навигацией внутри модели
Инкремент	Значение на которое будет производиться изменение того или иного свойства объекта
Модель	Структура данных в рамках платформы которая содержит 3D модели, их атрибутивную информацию, заметки, изображения и.т.д.
Платформа	Платформа BIM VR
Пространство	Один из серверов стриминга платформы BIM VR в который загружается модель
Сборная модель	Модель состоящая из нескольких файлов моделей (например в одном стены, а в другом электропроводка)
Система	Платформа BIM VR
Сцена	Трехмерное пространство в котором могут быть загружены 3d-модели
Тенант	Инсталляция Системы под конкретную организацию

1 Общие положения

1.1 Назначение документа

Документ предназначен для описания функциональных возможностей, архитектуры и технических требований Платформы «BIM VR», которая обеспечивает визуализацию и совместную работу с BIM моделями в виртуальной реальности.

1.2 Область применения

Система "BIM VR" предназначена для визуализации и совместной работы с BIM-моделями в виртуальной реальности. Основные области применения:

- Строительство и проектирование инженерных конструкций.
- Обучение и демонстрация проектов.
- Управление объектами недвижимости.

2 Назначение Системы

Платформа BIM VR — это среда для визуализации и совместной работы с BIM моделями в виртуальной реальности.

Основные функциональные возможности платформы:

- Загрузка BIM моделей на Платформу BIM VR и конвертация их во внутренний формат для оптимально стриминга в виртуальное пространство.
- Визуализация BIM моделей в VR.
- Совместная работа пользователей в виртуальном пространстве.
- Инструменты для просмотра модели, ее объектов и атрибутивной информации о них, модификаций и перемещений объектов модели в процессе совместной работы в VR, размещение заметок и пояснительных видео и фото материалов, измерительные инструменты для определения расстояний, площадей и объемов в процессе совместной работе в VR.
- Интеграция с внешними системами (импорт моделей и данных, импорт/экспорт заметок).

3 Архитектура Платформы

3.1 Основные программные компоненты

Платформа состоит из следующих основных модулей:

1. **VM портала администрирования**

   Представляет веб-интерфейс для управления пользователями, моделями и серверами стриминга моделей.

   Программная реализация:

   - Операционная система: Astra Linux 1.8 “Орел”, Ubuntu 24.04
   - Админ-панель: JavaScript.
   - Бекэнд: JavaScript, Node JS.
   - Система изоляции приложений Docker.
   - СУБД: PostgreSQL v15

2. **Исполняющая VM**

   Содержит программные блоки «Агент», «Конвертер» и «Сервер стриминга». Выполняет подготовку модели для стриминга и стриминг в VR. Модуль не имеет пользовательского интерфейса.

   Программная реализация:

   - Операционная система: Astra Linux 1.8 “Орел”, Ubuntu 24.04
   - Агент: JavaScript.
   - Сервер стриминга: C#.
   - Конвертер: C#.

3. **Облачное хранилище**

   Обеспечивает хранение BIM моделей, метаданных и файлов. Поддерживает S3-совместимый интерфейс для взаимодействия с данными.

   Программная реализация:

   - Услуга предоставляется провайдером Яндекс.Облако:
     - Облачное объектное хранилище S3

4. **VR Клиент**

   Приложение для взаимодействия с моделями в виртуальной реальности

   Программная реализация:

   - C#

Общая архитектурна схема Платформы BIM VR представлена ниже (см. Рисунок 1)

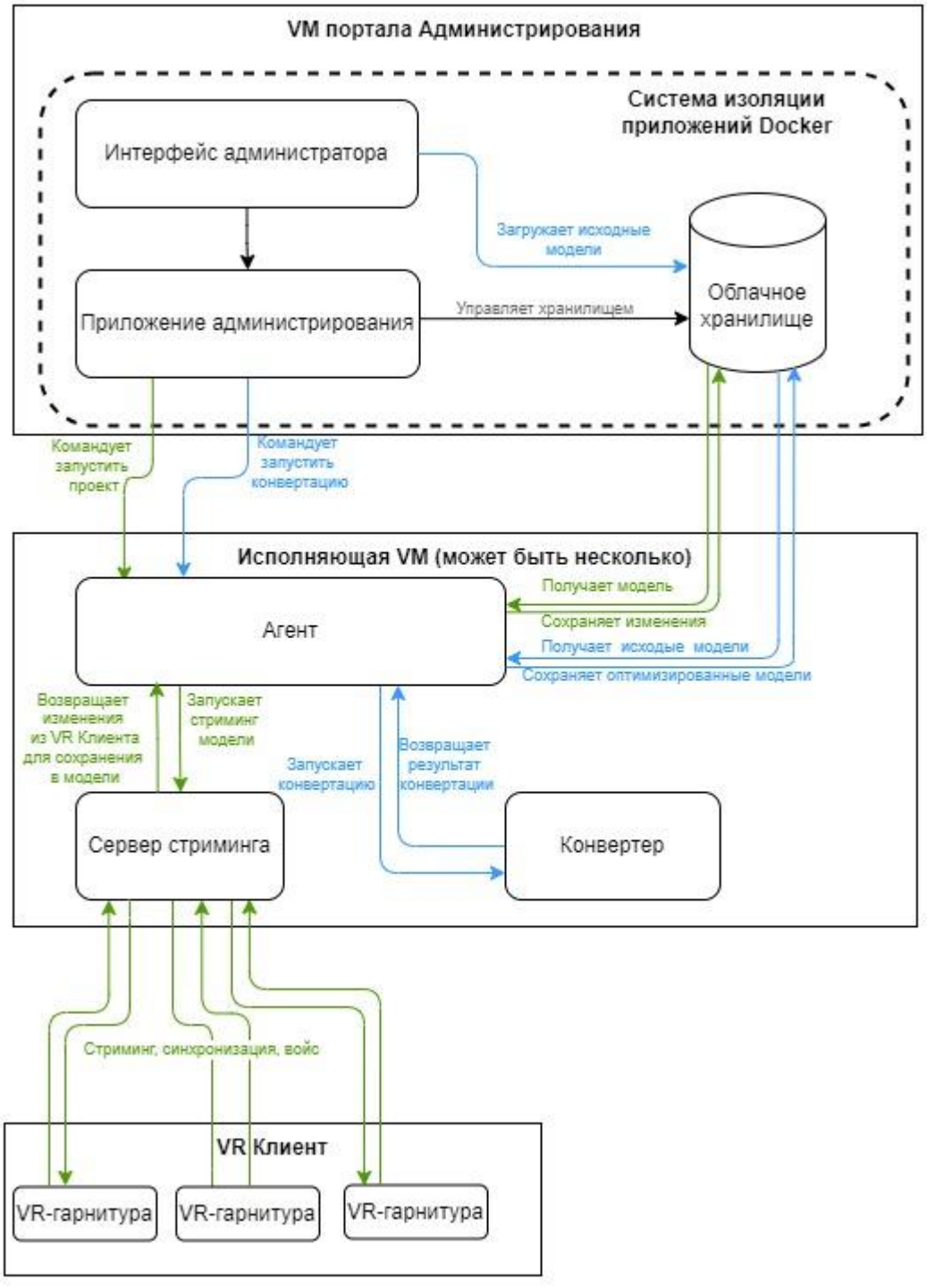

Рисунок 1. Архитектурная схема Платформы BIM VR

3.2 Основные функциональные модули

3.2.1 Портал администрирования

Модуль «Портал администрирования» представляет собой веб-приложение и предназначен для управления пользователями, моделями, пользовательскими папками, состоянием серверов и агентов, а также обеспечения обновлений программного обеспечения.

3.2.2 Подготовка и стриминг моделей в VR

Модуль «Подготовка и стриминг BIM модели» предоставляет пользователям возможность работать с BIM моделями, обеспечивая их конвертацию и стриминг. Реализованы три ключевых функциональных блока: «Агент», «Конвертер» и «Сервер стриминга».

3.2.3 VR Клиент

Модуль «VR Клиент» является приложением, работающим с VR гарнитурами и предоставляющим возможность проведения виртуальных совещаний для просмотра и обсуждения выбранной BIM модели.

Основным функционалом VR Клиента является отображение моделей и инструментов для работы в VR и синхронизация действий Пользователя в физическом мире с действиями аватара в виртуальном пространстве.

4 Функциональные возможности Платформы

4.1 Модуль «Портал администрирования»

Для обеспечения стриминга модели в виртуальном пространстве в Системе необходимо осуществить создание, настройку и наполнение данными BIM модели, а также необходимо создать пользователей Системы и настроить права доступа к модулям «Портал администрирования» и «VR Клиент».

Веб-интерфейс модуля «Портал администрирования» предоставляет Пользователю доступ к следующему функционалу:

- Управление пользователями.
- Управление BIM моделями.
- Управление пользовательскими папками.
- Мониторинг состояния серверов стриминга и агентов.
- Доступ к Центру обновлений ПО.

Доступность функций модуля «Портал администрирования» определяется ролью Пользователя и указана в таблице ниже (см. Таблица 1)

Таблица 1. Группы пользователей модуля "Портал администрирования"

Наименование ролей пользователей	**Доступный пользователям функционал**
Пользователь	• Создание и добавление данных модели, файлов в папки типа «модель». Управление контентом пользовательских папок. • Просмотр статуса серверов и агентов. • Получение обновлений клиентского приложения для VR-гарнитур.
Администратор	• Управление Пользователями. • Настройка и запуск серверов для стриминга моделей в модуле «VR Клиент». • Создание и добавление данных модели, файлов в папки типа «модель». Управление контентом пользовательских папок. • Просмотр статуса серверов и агентов. • Получение обновлений для гарнитур.

4.1.1 Управление пользователями

Доступ к функциональному блоку «Управление пользователями» предоставляется пользователям, обладающим ролью «Администратор», назначенной для работы в модуле «Портал администрирования».

В рамках блока «Управление пользователями» Администратору предоставляется возможность выполнять ключевые операции по созданию и настройке учетных записей, а также управлять уровнями доступа для различных категорий пользователей.

Создание пользователя

Для создания нового пользователя Администратор должен указать основные параметры учетной записи:

- Фамилию.
- Имя.
- Логин.
- E-mail.

- VR-роль пользователя.

Настройка уровней доступа

В Системе предусмотрена возможность настройки ролей для доступа к различным модулям.

Для модуля «Портал администрирования» доступны роли «Администратор» и «Пользователь».

Для модуля «VR Клиент» предусмотрены роли «Администратор», «Участник» и «Гость».

Для предоставления доступа к модулю «VR Клиент» Администратор должен сформировать код доступа и передать его Пользователю. В Системе доступны следующие настройки для кода доступа:

- Время на привязку.
- Срок действия кода.

Система позволяет Администратору просмотреть список кодов доступа пользователя и по необходимости удалить выбранный код.

4.1.2 Управление BIM моделями

Для работы с BIM моделями в Системе реализован функциональный блок «Модели», который предоставляет Пользователю доступ к следующему функционалу:

- Создание модели.
- Управление данными в модели: загрузка, замена файлов, удаление.
- Настройка ярлыков для файлов.
- Добавление заметок (POI) в модель.

Создание модели

Пользователю предоставлена возможность создавать новые модели, задавая их названия. После этого Система автоматически формируется структура вложенных папок для хранения данных, в которые можно загружать видео, заметки и фотографии.

Загрузка данных модели

Импорт модели осуществляется из файлов, экспортированных из внешней системы с данными BIM модели.

Поддерживаются следующие форматы внешних файлов для импорта модели в Систему: IFC, RVT, NWC, GLB.

Для добавления данных в модель пользователю доступна функция одиночной или пакетной загрузки файлов. В процессе одиночной загрузки файлов система предлагает задать название для каждого файла, под которым он будет сохранен.

При добавлении нескольких файлов с данными 3D моделей в одну модель в Системе формируется сборная модель, в которой при конвертации импортированные данные будут собраны в едином пространстве в одних координатах.

После загрузки файлов пользователю необходимо инициировать процесс конвертации модели в оптимизированный для VR формат. В ходе обработки система отображает текущий статус: требуется конвертация, готов, в обработке или ошибка. После успешного завершения конвертации модель доступна для просмотра в VR.

Настройка ярлыков для файлов из пользовательских папок

Система предоставляет пользователю возможность добавлять в папку модели ярлыки на файлы или папки, расположенные в пользовательских папках. При этом:

- Если в папку модели добавлен ярлык на файл, то при конвертации модели система рассматривает данные, содержащиеся в файле, на который указывает ярлык, как данные файла, размещенного в папке модели.
- Если в папку модели добавлен ярлык на папку, то все файлы в указанной папке, соответствующие требованиям модели, также будут учтены системой при конвертации. Пользователю доступна возможность добавить в папку модели ярлык на пользовательскую папку.

Добавление заметок (POI) в модель

Система поддерживает управление заметками, созданными в модуле «VR Клиент», и обеспечивает их интеграцию с внешними системами:

- Сохранение заметок

  Пользователю предоставлена возможность сохранять созданные в модуле «VR Клиент» заметки в папку модели. При сохранении заметок система фиксирует следующие параметры:
  - Ориентацию камеры в момент создания заметки.
  - Привязку заметки к точкам пространства модели.
  - Текстовые комментарии.
  - Графические пометки, выполненные в заметке.
- Конвертация заметок для внешних систем

  Для обеспечения совместимости заметок с внешними системами реализован функционал их конвертации. Подготовленные файлы заметок сохраняются в подпапки, соответствующие целевой внешней системе. Например, для экспорта в Navisworks файлы сохраняются в папку Export\Navis в директории Notes.
- Импорт заметок из внешних систем

  Система поддерживает конвертацию импортированных из внешних систем заметок во внутренний формат для отображения и работы с ними в модуле «VR Клиент».

4.1.3 Пользовательские папки

Система предоставляет пользователям возможность организовывать свои данные с помощью функционала «Пользовательские папки».

Создание папок

Пользователь может создавать папки, присваивая им уникальные названия, что позволяет эффективно структурировать загружаемые данные.

Загрузка файлов

Для добавления контента доступны функции загрузки файлов различных форматов, включая видео, фотографии, схемы и планы.

Система автоматически проверяет размер загружаемого файла и уведомляет пользователя, если размер превышает допустимые ограничения.

4.1.4 Мониторинг состояния серверов стриминга и агентов

Мониторинг состояния серверов стриминга

В Системе реализован функционал управления серверными пространствами для работы с моделями и данными.

- **Отображение состояния серверов**: Пользователь может в реальном времени отслеживать статус подключенных серверов через удобный интерфейс.
- **Управление моделями**: Для запуска модели на сервере предоставляется возможность выбора модели из доступного списка. Если требуется обновление модели, пользователь может инициировать перезапуск сервера.

Мониторинг состояния агентов

Система включает функционал мониторинга состояния работающих агентов, которые обеспечивают обработку данных. В интерфейсе Системы доступен список агентов с указанием их текущего состояния (онлайн или оффлайн).

4.1.5 Центр обновлений ПО

Для обеспечения пользователей актуальными версиями программного обеспечения в Системе реализован «Центр обновлений ПО». Пользователям предоставляется возможность скачивать дистрибутивы для установки или обновления приложений на конечных устройствах - VR-гарнитурах.

4.2 Модуль «Подготовка и стриминг BIM модели»

Для обеспечения стриминга модели в виртуальном пространстве модуль «Подготовка и стриминг BIM модели» выполняет управление процессами конвертации, мониторинга изменений данных модели и запуска стриминга. В составе модуля реализованы следующие функциональные блоки:

- Агент.
- Конвертер.
- Сервер стриминга.

4.2.1 Агент

В рамках работы с 3D-моделями Система использует механизм агентов для отслеживания событий, инициируемых пользователями, и выполнения необходимых процедур.

Запуск конвертации модели

Пользователи имеют возможность запускать конвертацию после добавления или обновления файлов 3D-модели. Для выполнения этой функции пользователь должен:

- Загрузить или обновить файл формата 3D-модели в модуле «Портал администрирования».
- Инициировать процесс конвертации через интерфейс модуля «Портал администрирования».

Функциональный блок «Агент» отправляет команду в функциональный блок «Конвертер» для выполнения конвертации и отображает статус выполнения в модуле «Портал администрирования».

Процедура конвертации может быть запущена в следующих ситуациях:

- Добавление или удаление файлов формата 3D-модели в сборной модели.
- Обновление системы с переходом на новую версию сервера, изменяющую требования к стримингу.

Мониторинг заметок в каталогах модели

Система автоматически отслеживает добавление заметок (POI) в модели через модуль «VR Клиент». Добавленные заметки сохраняются в папках модели в модуле «Портал администрирования». В случае изменений Система инициирует их конвертацию в форматы для внешних систем, таких как Navisworks.

Мониторинг запуска стриминга модели

Для запуска модели в виртуальном пространстве Пользователь запускает сервер стриминга с выбранной моделью через интерфейс модуля «Портал администрирования». Функциональный блок «Агент» фиксирует действие запуска сервера, инициированное Пользователем, и отправляет команду в функциональный блок «Сервер стриминга» для запуска стриминга модели в виртуальном пространстве модуля «VR Клиент».

4.2.2 Конвертер

Функциональный блок «Конвертер» отвечает за преобразование моделей из внешних систем в формат, оптимизированный для стриминга.

Запуск конвертации

Конвертация осуществляется по команде от функционального блока «Агент». Все результаты сохраняются в центральном хранилище в структурированном виде.

Система поддерживает следующие сценарии:

- Конвертация моделей, инициированная пользователем после добавления, изменения или удаления файлов BIM модели (IFC, GLB+JSON) или добавление медиафайлов (видео, фото, ярлыки).
- Конвертация заметок, созданных в модуле «VR Клиент», в форматы, совместимые с внешними системами.

Уровни детализации

При конвертации модели создаются два уровня детализации:

- LOD1 (базовый): упрощенная геометрия для быстрой загрузки.
- LOD0 (детальный): оригинальная геометрия модели.

4.2.3 Сервер стриминга

Функциональный блок «Сервер стриминга» обеспечивает отображение моделей в виртуальном пространстве и управление взаимодействием между Пользователями и виртуальным пространством в модуле «VR Клиент». Основные задачи этого блока:

- Авторизация Пользователей.
- Стриминг моделей.
- Синхронизация данных.

Авторизация пользователей

Пользователь проходит авторизацию при входе в модуль «VR Клиент». Система проверяет доступ и передает настройки роли, заданные для текущего пользователя.

Стриминг модели

Виртуальные встречи сопровождаются трансляцией модели, загружаемой на сервер стриминга из центрального хранилища.

Синхронизация данных

Система поддерживает синхронизацию данных между участниками встречи, включая:

- Голосовой чат.
- Отображение аватара и синхронизация действий аватара с действиями пользователя в реальном мире.
- Синхронное обновление изменений в модели, выполненных одним из пользователей для всех пользователей в виртуальном пространстве текущей встречи.

Изменения модели, выполненные пользователями, сохраняются с привязкой к координатам в хранилище данных. Например, добавленные заметки или информационные плашки остаются активными до перезапуска сервера.

4.3 Модуль «VR Клиент»

Модуль «VR Клиент» предназначен для взаимодействия пользователей с виртуальными моделями в рамках VR встречи. Основной функционал модуля:

- Авторизация пользователей.
- Лобби.
- Отображение аватара пользователя.
- Главное меню.
- Отображение модели.
- Управление с помощью контроллера.

Доступность функций модуля «VR Клиент» определяется ролью Пользователя и указана в таблице ниже (см.Таблица 2)

Таблица 2. Группы пользователей модуля "VR Клиент"

Наименование ролей пользователей	**Доступный пользователям функционал**
Гость VR	• Отображение информации о модели и объектах модели. • Режим перемещения: телепортация. • Просмотр заметок. • Просмотр моделей. • Просмотр атрибутивной информации об объектах модели. • Измерение. • Галерея.

Наименование ролей пользователей	Доступный пользователям функционал
Участник VR	• Получение списка пользователей, находящихся в модели на данный момент. • Отображение информации о модели и объектах модели с возможностью управлять видимостью объектов. • Режим перемещения: ходьба по поверхности, телепортация. • Просмотр заметок. • Просмотр модели. • Манипуляции с объектами. • Измерение. • Галерея.
Администратор VR	• Управление пользователями (их перемещением, состоянием интерфейса, статусом голосовой связи, и присутствием в модели). • Отображение информации о модели и объектах модели с возможностью управлять видимостью моделей составной модели и объектов моделей. • Режимы перемещения: свободный полет, ходьба по поверхности, телепортация. • Работа с заметками: создание, редактирование, просмотр, удаление. • Работа с моделями. • Манипуляции с объектами. • Измерение. • Галерея.

4.3.1.1 Авторизация пользователей

При обращении пользователей к модулю «VR Клиент» Система запрашивает авторизационные данные для входа и осуществляет авторизацию пользователя по введенному коду.

- При успешной авторизации Пользователю отображается имя пользователя, его роли и аватара. Далее Пользователю отображается интерфейс Лобби.
- При неуспешной авторизации Пользователю отображается соответствующее уведомление и предоставляется возможность повторной попытки авторизации.

4.3.1.2 Лобби

Функциональный блок «Лобби» реализует виртуальное пространство, которое служит стартовой точкой работы Пользователей в VR Клиенте. Основные функции, реализованные в блоке «Лобби»:

- **Отображение подключившихся пользователей**: Система показывает всех пользователей с аватарами и именами пользователей.
- **Просмотр мини-модели**: Система предоставляет возможность просматривать модель в уменьшенном виде. Доступен функционал отображения срезов по координатным плоскостям.
- **Обучающие материалы**: Доступ к обучающим материалам по использованию системы.
- **Статус загрузки модели**: Система отображает каждому пользователю прогресс загрузки модели.
- **Переход в основное пространство**: Система предоставляет возможность перехода в основное пространство модели, где модель отображается в масштабе 1:1.

4.3.1.3 Аватар

Функциональный блок «Аватар» предназначен для визуализации пользователя в виртуальном пространстве модуля «VR Клиент» и синхронизации его действий в реальном мире с действиями аватара в виртуальном пространстве. Блок выполняет следующие функции:

- **Отображение аватара пользователя при авторизации:** Система отображает аватар Пользователя, который был предварительно настроен в модуле «Портал администрирования». Аватар автоматически загружается и визуализируется при успешной авторизации Пользователя в модуле «VR Клиент».
- **Синхронизация движений пользователя с аватаром:** В системе реализована синхронизация движений Пользователя в физическом мире с действиями его аватара в виртуальном пространстве. Это включает:
    - Отображение шагов пользователя в физическом мире шагами аватара в виртуальном пространстве.
    - Синхронизацию движений рук пользователя и их отображение у аватара.
    - Вращение аватара в соответствии с поворотами пользователя.
- **Отображение движений аватара другим пользователям:** Система транслирует движения аватара одного пользователя всем другим участникам виртуальной встречи, что обеспечивает синхронизацию и визуализацию взаимодействий в реальном времени.

4.3.1.4 Главное меню

Функциональный блок «Главное меню» предоставляет Пользователю доступ к ключевым функциям модуля «VR Клиент» в зависимости от его роли.

Управление пользователями

- **Отображение списка пользователей**: В меню отображается список всех подключенных к встрече пользователей с указанием их ролей.
- **Изменение ролей**: Администратор встречи может временно изменять роли Пользователей (гость, участник, администратор), что позволяет гибко управлять правами доступа. При следующем входе пользователя в модуль «VR Клиент» роль будет определена в соответствии с настройкой «VR роль», указанной в модуле «Портал администрирования» для текущего пользователя.
- **Перемещение пользователей:**
    - Групповое перемещение: Администратор может переместить всех Пользователей в определенную точку модели.
    - Индивидуальное перемещение: Администратор может переместить выбранного пользователя в определенную точку модели.
- **Управление возможностью самостоятельного перемещения**: Администратор может предоставлять или отключать возможность самостоятельного перемещения как для выбранного пользователя так и для всех пользователей, участвующих в VR встрече.
- **Управление микрофонами**: Администратор может включать, выключать или регулировать громкость микрофонов как для всех Пользователей одновременно, так и для отдельных участников встречи.

- **Включение/выключение интерфейса**: Система позволяет Администратору отключить интерфейс модуля «VR Клиент» для выбранного пользователя.

Информация

- **Отображение ключевых данных об объектах модели**: Система отображает основную информацию о выбранном объекте (название, статус, атрибуты) на виртуальном планшете Пользователя.
- **Добавление информационных плашек**: Пользователи могут размещать текстовые плашки с информацией в виртуальном пространстве, которые будут видны всем участникам встречи.

Работа с моделями

- **Управление видимостью моделей и объектов**: Пользователь может включать, выключать как целиком выбранную модель в составе сборной модели, так и отдельные типы объектов или объекты моделей, адаптируя видимость данных в модели под конкретные задачи встречи.
- **Отображение статуса загруженных моделей**:
    - **включена**: модель полностью отображается;
    - **выключена**: модель не отображается
    - **частично включена**: некоторые объекты модели отключены и не отображаются в виртуальном пространстве.

Измерение

- **Прилипание к любой точке объекта модели:** Пользователь может навести интерфейсный указатель на любую точку поверхности объекта, выбрать начальную точку, протянуть линию до конечной точки на том же объекте или другом, и зафиксировать выбор. После выбора конечной точки Система рассчитывает расстояние между начальной и конечной точками по прямой линии. Результат измерения отображается на модели в реальном времени.
- **Прилипание к вершинам объекта:** При наведении интерфейсного указателя на точку, близкую к вершинам объектов, Система автоматически фиксирует точку в ближайшем узле (пересечении граней). После выбора конечной точки измерение выполняется по прямой линии между двумя узлами, а рассчитанное расстояние отображается.

Манипуляции с объектами

Система должна предоставлять Пользователю возможности внесения изменений в объекты модели в ходе виртуальной встречи. При манипуляциях с объектами отображаются вспомогательные элементы (координатные оси, сетка, линии перемещения) и текущие параметры изменений (расстояние, угол, коэффициент масштаба).

Функционал манипуляций включает:

- **Перемещение объектов в пространстве**: Пользователь может интерактивно перемещать объекты по любой из координатных осей.
- **Масштабирование объектов**: Система позволяет изменять размеры объектов пропорционально по всем осям одновременно либо относительно выбранной оси.
- **Вращение объектов относительно координатных осей**: Пользователь может вращать объект вокруг любой координатной оси, задавая направление и угол поворота.

- **Настройка инкремента**: Система предоставляет возможность настройки шага перемещения и вращения объектов.
- **Отмена изменений**: Пользователь может отменить внесенные изменения, чтобы восстановить исходное положение или параметры объекта. Все произведенные в процессе встречи манипуляции с объектами сохраняются только на время проведения встречи и не влияют на исходную модель.

Галерея

- **Просмотр изображений**: Пользователь может просматривать графические материалы в виртуальном пространстве модели, загруженные в модель через интерфейс модуля «Портал администрирования».
- **Размещение изображений в сцене**: Пользователь может размещать изображения из Галереи в виртуальной сцене. Размещенные изображения отображаются всем участникам встречи.
- **Редактирование изображений:**
    - Пользователю доступно рисование поверх изображения: создание пометок или заметок на изображении.
    - Пользователь может кадрировать изображение: изменение размера или обрезка ненужных частей.

Заметки

- **Просмотр списка заметок и их атрибутов**: Пользователь может видеть все заметки, загруженные в модель, с их атрибутами (например, текст, автор, время создания) и прикрепленными скриншотами.
- **Переход к заметке**: Пользователь может переместить своего аватара в место модели, к которому относится заметка, для детального изучения.
- **Размещение заметок в сцене**: Пользователь может размещать заметки в виртуальной сцене для коллективного просмотра и обсуждения.
- **Редактирование заметок**: Пользователь может изменять текст заметки или добавлять дополнительные комментарии.
- **Удаление заметок**: Пользователь может удалить заметку из сцены, если она больше не актуальна или удалить заметку из модели.

4.3.1.5 Отображение модели

Система предоставляет пользователю удобные и корректные инструменты для визуализации модели в VR Клиенте, обеспечивая масштабирование, отображение атрибутивной информации и взаимодействие с объектами.

Отображение модели в масштабе 1:1

Модель отображается в VR Клиенте в натуральном размере, что позволяет пользователям изучать детали в реалистичных пропорциях.

Визуализация объектов и атрибутов модели

- **Отображение атрибутов объектов:** Система визуализирует наименования, идентификаторы и технические характеристики объектов. Информация доступна на виртуальном планшете пользователя или рядом с соответствующими объектами модели.

- **Мини-модель:** Для удобства навигации Система отображает мини-модель в пропорционально уменьшенном масштабе (1м:1м). Мини-модель размещается на постаменте в Лобби и поддерживает отображение срезов по координатным плоскостям.
- **Перпендикулярное отображение плоских объектов:** Все плоские элементы (плашки, изображения, заметки) всегда ориентированы перпендикулярно линии обзора каждого пользователя, участвующего во встрече, обеспечивая удобное восприятие информации.

4.3.1.6 Управление с помощью контроллера

Система позволяет пользователю выполнять действия в виртуальной среде с помощью элементов управления контроллеров, таких как кнопки и джойстики, обеспечивая доступ к меню, использование интерфейсного указателя, лазерной указки, отключение микрофона и различные способы перемещения.

Интерфейсный указатель

Пользователь может использовать интерфейсный указатель для взаимодействия с интерфейсом и объектами модели. Интерфейсный указатель активируется кнопкой A/X на контроллере и предназначена для работы с интерфейсом VR Клиента:

- Взаимодействие с меню и виртуальным планшетом.
- Перемещение и модификация объектов модели.
- Измерения.

Лазерная указка

Лазерная указка активируется кнопкой Grip на контроллере и используется для демонстрации элементов модели всем участникам встречи.

Выключение микрофона

Пользователь может включать или отключать микрофон через элементы контроллера, обеспечивая управление голосовым общением в ходе встречи.

Перемещение

- **Телепортация:** Пользователь выбирает точку перемещения с помощью указки типа «удочка». Система мгновенно перемещает пользователя в указанную точку.
- **Свободный полет:** Поддерживается перемещение в трехмерном пространстве в направлениях «вправо/влево» и «вверх/вниз». Управление направлением движения осуществляется джойстиком контроллера. Объекты модели не являются препятствием для свободного перемещения.
- **Поворот на 45 градусов:** Пользователь может вращаться на 45 градусов с помощью контроллера.
- **Перемещение по поверхности:** Пользователь может передвигаться вдоль поверхности объектов без прохождения сквозь стены, полы и другие препятствия. Управление осуществляется джойстиком или через физическое перемещение в реальном пространстве. Реализован множитель скорости, позволяющий регулировать скорость перемещения.

5 Интеграция с внешними системами

Система поддерживает интеграцию с внешними системами, работающими с BIM-моделями, посредством следующих механизмов:

- Импорт моделей из внешних систем.
- Плагин для экспорта моделей.
- Экспорт заметок.

5.1 Импорт моделей из внешних систем

Система поддерживает возможность импорта файлов, экспортированных из систем, работающих с BIM-моделями, следующих форматов: IFC, NWD, GLB, а также файлы формата JSON для импорта атрибутивной информации.

5.2 Плагин для экспорта моделей и данных

Система предоставляет внешний плагин для интеграции с программным обеспечением, работающим с BIM моделями, таким как Navisworks. Плагин позволяет экспортировать BIM-модель с атрибутами в формат, поддерживаемый Системой:

- Формат модели – GLB.
- Формат атрибутивной информации – JSON.

5.3 Экспорт заметок

Система обеспечивает экспорт заметок (POI), созданных пользователями в модуле «VR Клиент». Для этого заметки автоматически конвертируются из внутреннего формата Системы в форматы, совместимые с внешними системами, работающими с BIM-моделями.

При добавлении заметки (POI) в модель в модуле «VR Клиент» она сохраняется в модели, размещенной в хранилище данных, и одновременно производится автоматическая конвертация заметки для последующего экспорта. Конвертированная заметка в формате JSON сохраняется в подпапке NOTES/NAVIS внутри папки текущей модели.

6 Технические требования

6.1 Аппаратное обеспечение

- **Серверы:** 4 ядра CPU, 16 ГБ RAM, 60 ГБ SSD.
- **VR-гарнитуры:** Quest 3+, Pico 4 (поддержка 72 Гц).
- **Сеть:** 30 Мбит/с на пользователя.

6.2 Программное обеспечение

- **ОС:** Ubuntu 24.04, Astra Linux.
- **СУБД:** PostgreSQL.
- **Языки:** C#, JavaScript, HTML5.

6.3 Масштабирование и производительность

Система поддерживает до 15 одновременных пользователей на модель до 5 ГБ.

Масштабирование Системы достигается развертыванием дополнительных серверов стриминга для распределения нагрузки.