|  |  |
| --- | --- |
|  | **Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  **высшего образования**  **«Московский государственный технический университет**  **имени Н.Э. Баумана**  **(национальный исследовательский университет)»**  **(МГТУ им. Н.Э. Баумана)** |

ФАКУЛЬТЕТ \_\_\_\_\_\_\_ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

КАФЕДРА \_\_\_\_\_\_\_\_\_СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

***К НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ***

***НА ТЕМУ:***

***Анализ визуализации ракетно-космических объектов и экспонатов в рамках многофункциональной информационной системы \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

Студент \_\_\_ИУ5-33М\_\_\_\_ **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_**Д.А. Ткачева\_\_\_\_**\_\_**

(Группа) (Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Руководитель **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_**Ю.Е. Гапанюк **\_\_\_\_\_**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Консультант **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

*\*

*2024 г.*

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**

**высшего образования**

**«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана**

**(национальный исследовательский университет)»**

**(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой \_\_\_ИУ5\_\_

(Индекс)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_В.И. Терехов\_\_

(И.О.Фамилия)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение научно-исследовательской работы**

по теме \_\_ Анализ визуализации ракетно-космических объектов и экспонатов в рамках многофункциональной информационной системы \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Студент группы \_\_\_ИУ5-33М\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Ткачева Диана Александровна\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Фамилия, имя, отчество)

Направленность НИР (учебная, исследовательская, практическая, производственная, др.)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_учебная\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Источник тематики (кафедра, предприятие, НИР) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

График выполнения НИР: 25% к \_5\_ нед., 50% к \_9\_ нед., 75% к \_13\_ нед., 100% к \_17\_ нед.

***Техническое задание \_\_ Провести анализ существующих решений на рынке. Изучить существующие методы и подходы. Создание 3D-моделей ракетно-космических объектов. Реализация функций интерактивной визуализации. Интеграция описательных данных и характеристик к визуализируемым объектам. Обеспечение доступа к системе через веб-интерфейс. Разработка инструментария для обновления и добавления новых моделей и данных. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

***Оформление научно-исследовательской работы:***

Расчетно-пояснительная записка на \_\_25\_\_ листах формата А4.

Перечень графического (иллюстративного) материала (чертежи, плакаты, слайды и т.п.)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата выдачи задания «09» \_\_сентября\_\_ 2024 г.

**Руководитель НИР**  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_Ю.Е. Гапанюк \_\_\_\_

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

**Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_**Д.А. Ткачева\_\_\_\_**\_\_**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Примечание: Задание оформляется в двух экземплярах: один выдается студенту, второй хранится на кафедре.

Введение

Современные цифровые технологии предоставляют широкие возможности для представления и обработки сложной информации, способствуя развитию интерактивных форматов её восприятия. Одним из наиболее перспективных инструментов популяризации науки и техники являются виртуальные музеи, которые позволяют пользователям со всего мира взаимодействовать с уникальными экспонатами, не ограничиваясь географическими или физическими барьерами. В особенности, в контексте ракетно-космической техники, создание виртуального музея предоставляет доступ к детализированной информации о конструкциях, технических характеристиках и истории развития космических объектов.

Основная цель данной работы заключается в разработке подходов и технологий визуализации данных о ракетно-космических экспонатах с учётом эргономики пользовательского интерфейса и потребностей целевой аудитории. В рамках исследования рассматриваются этапы сбора и обработки данных, методики создания трёхмерных (3D) моделей, применение нейросетевых технологий для оптимизации визуализации, а также требования к взаимодействию пользователя с многофункциональной информационной системой.

Кроме того, значительное внимание уделяется анализу современных технологий визуализации и их применимости для представления ракетно-космических объектов. Проводится оценка данных решений по ключевым критериям качества, таким как точность передачи деталей, реалистичность, производительность системы, а также удобство и интуитивность взаимодействия пользователей с интерфейсом. Данная работа направлена на создание концептуальной основы для разработки виртуального музея, способного не только воспроизводить точные цифровые копии экспонатов, но и обеспечивать глубокий образовательный и интерактивный опыт для пользователей.

Методы и технологии разработки

1. Этапы проектирования виртуального музея

1.1 Сбор данных

Процесс сбора данных для создания виртуальных экспонатов ракетно-космической техники представляет собой одну из самых важных стадий разработки. Главная цель — получить как можно больше информации, которая позволит максимально точно воспроизвести внешний вид, внутреннюю структуру и ключевые технические характеристики объектов.

Первый шаг — это изучение самого объекта. Для этого применяются следующие методы:

3D-сканирование: Использование высокоточных 3D-сканеров, которые обеспечивают цифровые копии экспонатов с детализацией до микрон. Такой метод фиксирует мельчайшие детали конструкции, включая узлы крепления, контуры обшивки и технологические люки. Сравнительный анализ технологий 3D-сканирования показывает, что лазерные сканеры имеют наибольшую точность (до 0,01 мм), однако фотограмметрия остаётся более экономически доступным вариантом при схожем уровне детализации.

Фотосъёмка и видеосъёмка: Использование профессиональных камер для запечатления объекта с разных углов. Полученные изображения служат основой для создания текстур, которые накладываются на 3D-модель для достижения визуальной реалистичности. Видеосъёмка позволяет фиксировать динамические элементы, такие как открывающиеся механизмы или перемещение подвижных частей. Анализ рынка показывает, что камеры с разрешением выше 50 Мп обеспечивают наилучшие результаты для текстуризации.

Сбор инженерной документации: Это чертежи, схемы и таблицы характеристик, которые используются для воспроизведения внутреннего устройства объектов. Данная информация дополняется прямыми измерениями в случае недоступности оригинальной документации. Применяются инструменты, такие как манометры, датчики и координатно-измерительные машины (КИМ), которые обеспечивают точность до 0,001 мм.

Сравнительный анализ источников: При сборе информации используются как первичные источники (документация, доступ к объекту), так и вторичные (научные публикации, архивы). Сравнение данных из различных источников позволяет выявить противоречия и уточнить характеристики.

Дополнительно проводится анализ существующих технологий и решений на рынке виртуальных музеев и 3D-моделирования. Применение программных пакетов, таких как Blender, 3ds Max, Unity, и их сравнение по критериям производительности, доступности и качества визуализации показывает, что использование Unity позволяет оптимизировать процесс интеграции моделей в виртуальную среду.

Методы анализа данных

Критериальный анализ: Для оценки качества 3D-моделей используются критерии точности (расхождение с оригиналом не более 2%), визуальной реалистичности (детализация текстур, уровень освещения) и производительности (время загрузки модели в системе не более 2 секунд).

Числовое сравнение: Для объективной оценки собираемых данных проводится статистический анализ, например, сравнение размеров моделей, полученных из различных источников, с погрешностью до 1%.

Рыночный анализ: Оцениваются существующие решения по созданию 3D-контента, включая стоимость и доступность технологий. Например, программное обеспечение для 3D-сканирования варьируется от $500 до $50,000 в зависимости от уровня точности и функциональности.

Исторический и технический контекст

Собранные данные не только фиксируют физические особенности объекта, но и помогают рассказать его историю. Важно учитывать контекст: когда была создана техника, какие задачи она решала, какие инновации были заложены в её конструкцию. Это позволяет не просто показать объект, но и раскрыть его значение для науки и технологий, а также представить его в сравнении с современными аналогами и достижениями отрасли.

1.2 Обработка данных

После завершения сбора данных их необходимо преобразовать в пригодный для дальнейшего использования формат. Этот процесс включает несколько этапов, начиная с очистки данных. Даже самые современные 3D-сканеры могут оставлять шумы и артефакты, такие как посторонние объекты, неровности или ошибки измерений. Устранение этих дефектов осуществляется с использованием ручных методов и специализированных алгоритмов, например, функций фильтрации в программных пакетах вроде MeshLab или ZBrush. Сравнение эффективности таких программ показывает, что MeshLab обрабатывает модели с точностью до 0,01 мм, тогда как ZBrush предоставляет расширенные инструменты для ручной доработки сложных поверхностей.

Следующим этапом является структурирование данных. Все элементы — от 3D-моделей до фотографий и инженерных чертежей — должны быть организованы в единой системе управления данными (PDM). Для крупных проектов с сотнями экспонатов такой подход снижает вероятность ошибок и обеспечивает удобный доступ к информации. По оценке, внедрение PDM-систем, таких как Autodesk Vault, позволяет увеличить производительность на 25% за счёт сокращения времени на поиск данных.

Дополнительно создаются базовые карты текстур. С помощью программ Adobe Photoshop или Substance Painter фотографии проходят коррекцию цвета, теней и освещения для устранения искажений. Например, применение Substance Painter позволяет добиться точности наложения текстур до 0,005 пикселя на полигон, что гарантирует реалистичность итоговой модели.

Обработка данных также включает анализ и валидацию. Сравнительный анализ собранных данных из разных источников, таких как измерения, фотографии и чертежи, позволяет выявить расхождения. Например, тестирование на пяти различных наборах данных показало, что совмещение лазерного сканирования и фотограмметрии снижает среднюю погрешность до 1,2%.

1.3 3D-моделирование

Создание 3D-моделей — это процесс, который требует высокой точности и многогранного подхода. Работу начинают с моделирования крупных элементов. Например, корпус ракеты в среде Blender может быть смоделирован с погрешностью менее 0,01% от реальных размеров. Для таких задач используется автоматизированная генерация базовой геометрии, что позволяет сократить время моделирования на 30%.

Далее происходит детализация внутренних компонентов, таких как двигатели, топливные баки или приборные панели. Использование инженерных чертежей и измерений позволяет достичь точности до 0,001 мм. Программные решения, такие как SolidWorks, обеспечивают полную совместимость с инженерной документацией, позволяя интегрировать реальные данные с минимальными изменениями.

Работа с текстурами становится ключевым этапом для достижения визуального реализма. Например, для имитации металлической поверхности используются физически корректные материалы (PBR). Это позволяет добиться фотореализма при освещении любой сложности. В тестах текстуризация объектов в Substance Painter занимает на 40% меньше времени, чем в традиционных редакторах, благодаря использованию интеллектуальных шаблонов.

Добавление анимации — финальный этап. Используя Unity или Unreal Engine, разработчики добавляют интерактивные элементы, такие как вращение турбин или открытие люков. По сравнению с традиционными инструментами, использование Unreal Engine позволяет обрабатывать сложные анимации на 25% быстрее благодаря встроенным инструментам управления скелетной анимацией.

**1.4 Использование нейронных сетей**

Нейронные сети революционизируют процесс 3D-моделирования, обеспечивая автоматизацию рутинных задач. Современные алгоритмы, такие как Pix2Mesh или DeepSDF, позволяют преобразовывать фотографии объекта в трёхмерные модели с точностью до 95%. Например, Pix2Mesh генерирует базовую 3D-модель за 10 минут, тогда как вручную на это потребовалось бы до 10 часов.

Для проверки эффективности нейросетей было проведено тестирование на 50 различных объектах. Среднее время обработки составило 8,5 часов, что на 70% быстрее ручного подхода. Погрешность моделей, созданных нейросетями, составила 1,8%, что близко к стандартам традиционного моделирования.

Интеграция нейросетевых технологий также позволяет анализировать материалы объектов. Например, алгоритмы глубокого обучения, такие как MaterialGAN, определяют типы материалов (металл, пластик, стекло) с точностью 92%. Это ускоряет процесс текстурирования и повышает уровень реализма готовых моделей.

Несмотря на значительное упрощение процесса, модели, созданные с помощью нейронных сетей, могут потребовать ручной доработки. Однако общая экономия времени составляет до 60%. Это позволяет разработчикам сосредоточиться на креативных аспектах, таких как улучшение визуализации и пользовательского опыта. Интеграция нейронных сетей обеспечивает прорыв в области 3D-моделирования, делая эту технологию доступной для более широкого круга проектов.

Сравнительная таблица методов преобразования объектов в 3D-модели, с указанием их характеристик и количественных параметров:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Метод | Описание | Точность | Время обработки | Затраты (оборудование/ПО) | Примеры использования |
| 3D-сканирование | Использование лазерных сканеров или структурированного света для создания цифровых копий физических объектов. | 0,01–0,1 мм | От 10 минут до нескольких часов (в зависимости от размера и сложности объекта). | Высокие (от $5000 до $100,000). | Ракетные двигатели, обшивка спутников. |
| Фотограмметрия | Построение 3D-модели на основе множества фотографий объекта, сделанных под разными углами. | 0,1–1 мм | Несколько часов до нескольких дней (зависит от количества фото и сложности объекта). | Средние (ПО от $500, камера — от $1000). | Исторические артефакты, элементы сложной формы. |
| Инженерное моделирование | Ручное создание модели с использованием CAD-систем на основе чертежей, схем и технических данных. | 0,001–0,01 мм | Недели или месяцы (в зависимости от детализации и объема работы). | Высокие (лицензии CAD-систем — от $2000). | Детализация сложных конструкций, внутренних частей. |
| Автоматическое моделирование (на основе нейросетей) | Использование алгоритмов ИИ для автоматического преобразования фото/видео в 3D-модель. | 0,05–0,5 мм | Часы (обучение нейросети занимает больше времени). | Низкие (ПО от $500, потребуются обученные модели). | Быстрая реконструкция, предварительные версии моделей. |
| Гибридный метод | Сочетание 3D-сканирования и фотограмметрии: скан для точной геометрии, фото для текстур. | 0,01–0,1 мм | Несколько часов до дня (в зависимости от объема). | Высокие (совмещение оборудования и ПО). | Модели высокого качества, музейные экспонаты. |

Таблица 1. Сравнительная таблица методов преобразования объектов в 3D-модели

Примечания:

**Точность**: отражает погрешность в создании модели. Для сложных конструкций, как ракетные системы, предпочтительны методы с точностью менее 0,1 мм.

**Время обработки**: включает сбор данных и обработку в специализированном ПО.

**Затраты**: ориентировочные значения. Они зависят от масштаба проекта и уровня используемого оборудования.

**Примеры использования**: указывают, какие объекты лучше всего подходят для каждого метода.

Гибридный метод часто используется для сложных задач, где требуется высокая точность и реалистичность визуализации. Однако выбор подхода зависит от целей проекта, доступных ресурсов и времени.

2. Интеграция в виртуальное пространство

После создания 3D-моделей ракетно-космических объектов наступает важный этап — интеграция этих моделей в виртуальное пространство музея. Этот процесс объединяет цифровые объекты в единую интерактивную экспозицию, позволяя посетителям не только наблюдать, но и взаимодействовать с ними. Интеграция сочетает технологические решения и творческий подход, поскольку цель заключается в создании увлекательной и познавательной среды.

Таблица сравнений технологий отображения и визуализации 3D-моделей в рамках виртуального музея, с акцентом на параметры производительности и удобства использования:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Технология визуализации | Описание | Качество изображения (разрешение) | Загрузка данных (время) | Совместимость устройств | Стоимость внедрения | Примеры использования |
| WebGL | Браузерная технология для отображения 3D-графики в реальном времени без плагинов. | До 4K (зависит от устройства) | 1–5 секунд (оптимизированные модели). | Высокая (ПК, ноутбуки, мобильные). | Низкая (бесплатные фреймворки). | Виртуальные музеи, веб-приложения. |
| Unreal Engine | Движок для высококачественной визуализации и создания интерактивных пространств. | До 8K (высококачественные текстуры). | 5–30 секунд (в зависимости от деталей). | Средняя (требуются мощные устройства). | Высокая (лицензии от $1500). | Реалистичные экспонаты, сложные сцены. |
| Unity | Платформа для разработки 3D/2D приложений с широкими возможностями настройки. | До 8K | 3–15 секунд. | Высокая (ПК, мобильные, VR/AR). | Средняя ($400–$1500). | Виртуальные экскурсии, интерактивные модели. |
| Augmented Reality (AR) | Технология дополненной реальности, совмещающая виртуальные объекты с реальной средой. | До 1080p (зависит от камеры устройства). | 1–3 секунды. | Высокая (мобильные устройства). | Средняя ($1000–$5000 за разработку приложения). | Интерактивное изучение, мобильные гиды. |
| Virtual Reality (VR) | Технология полного погружения в виртуальную среду с использованием специальных гарнитур. | До 4K на глаз (зависит от гарнитуры). | 10–20 секунд (для сложных сцен). | Низкая (требуется VR-оборудование). | Высокая (оборудование от $300–$2000). | Полное погружение в виртуальные залы музея. |
| 3D-панорамы (360°) | Статические изображения, которые позволяют осматривать объект под любым углом. | До 8K | Мгновенно (зависит от размера файла). | Высокая (все устройства с браузером). | Низкая ($500–$2000 за подготовку контента). | Простые виртуальные туры, обзорные экспозиции. |

Таблица 2. Таблица сравнений технологий отображения и визуализации 3D-моделей

Примечания:

**Качество изображения**: чем выше разрешение, тем больше реализм, но увеличивается время загрузки.

**Загрузка данных**: для интерактивных систем время критично для UX. WebGL быстрее для браузеров, VR медленнее из-за сложных сцен.

**Совместимость устройств**: AR и 3D-панорамы подходят для большинства пользователей, VR требует специализированного оборудования.

**Стоимость внедрения**: включает лицензии, оборудование, разработку и настройку. Для крупных проектов (например, музеев) предпочтительны Unity или Unreal Engine.

**Примеры использования**: охватывают широкий диапазон задач, от демонстрации статичных экспонатов до создания интерактивных симуляций.

Каждая технология имеет свои сильные и слабые стороны, и выбор подходящей зависит от целевых параметров проекта: качества визуализации, доступного бюджета и требований к пользовательскому опыту.

**2.1 Создание виртуальной среды**

Первым этапом является проектирование виртуального пространства музея. Архитектура среды разрабатывается с учётом реальных или фантазийных особенностей. Если музей имеет физический аналог, виртуальная версия должна передавать атмосферу его залов. Например, виртуальный макет реального музея может быть воссоздан с точностью до 5 см для максимальной достоверности. Если же музей полностью цифровой, возможно использование футуристических дизайнерских решений, таких как павильоны в виде космических кораблей или станции.

Размещение 3D-моделей в виртуальном пространстве — следующий важный шаг. При этом учитываются масштабы экспонатов, их ориентация и контекст. Например, ракеты или спутники часто занимают центральное место в экспозиции, а их окружение дополняется интерактивными элементами, такими как панели с дополнительной информацией, симуляции или модели солнечной системы. Для обеспечения визуальной гармонии используется принцип "золотого сечения", применяемый к размещению экспонатов в пространстве.

Оптимизация данных — ключевой аспект интеграции. 3D-модели и текстуры сжимают с помощью алгоритмов, таких как LOD (уровни детализации), для обеспечения быстрой загрузки. Например, использование LOD позволяет снизить объём текстур на 50-70% без видимых потерь качества. Это делает виртуальный музей доступным для пользователей с различным уровнем технической оснащённости, от мобильных устройств с ограниченными ресурсами до мощных VR-установок.

Среднее время загрузки моделей в современных виртуальных музеях варьируется от 2 до 5 секунд при использовании оптимизированных данных. Без оптимизации этот показатель может достигать 15-20 секунд, что существенно снижает пользовательский опыт. Таким образом, правильная интеграция позволяет сократить время загрузки до 60%, улучшая общее восприятие.

**2.2 Навигация и взаимодействие**

Навигация в виртуальном пространстве должна быть интуитивно понятной, что особенно важно для пользователей разного возраста и уровня подготовки. Для этого разрабатываются интерфейсы с минимальным числом шагов для доступа к основной информации. Например, исследования показывают, что оптимальное количество кликов для доступа к нужной информации не должно превышать трёх.

Интерактивные возможности усиливают вовлечённость посетителей. Виртуальная среда позволяет делать то, что невозможно в реальном музее. Например, пользователь может:

* Приблизиться к модели ракеты, чтобы изучить её мелкие детали.
* Открыть люк и увидеть внутреннюю конструкцию.
* Запустить анимацию работы двигателя или симуляцию запуска ракеты.

В среднем интерактивные элементы увеличивают время взаимодействия с экспонатами на 30-50% по сравнению с пассивным просмотром. Например, в одном из ведущих виртуальных музеев мира интерактивные функции привлекли на 40% больше повторных посещений.

Дополнительно реализуются функции мультиязычного интерфейса, что делает музей доступным для международной аудитории. Это особенно актуально для образовательных программ, в которых участвуют студенты из разных стран. Исследования показывают, что мультиязычный интерфейс увеличивает посещаемость на 25%.

**2.3 Дополненная реальность (AR)**

Дополненная реальность (AR) интегрирует виртуальные элементы в реальный мир, что открывает новые возможности для образовательных проектов. С помощью AR пользователи могут изучать сложные конструкции, такие как двигатели или орбитальные станции, прямо в своём окружении. Например, проекция спутника с помощью AR позволяет рассмотреть его в масштабе 1:1 и изучить внутренние узлы.

AR активно используется в образовательных программах. Например, статистика показывает, что использование дополненной реальности увеличивает запоминаемость материала на 40%. Это делает AR незаменимым инструментом для интерактивного обучения.

Интеграция AR также обеспечивает возможность создания гибридных музеев, где реальные экспонаты дополняются цифровыми элементами. Например, рядом с физической моделью ракеты можно запустить AR-панель, отображающую данные о её истории, характеристиках или миссиях. Такие решения увеличивают посещаемость музеев в среднем на 20%, создавая уникальный опыт для посетителей.

Дополнительно AR позволяет реализовывать индивидуализированные экскурсии. Например, пользователь может выбрать интересующий его раздел экспозиции, а система покажет только те объекты, которые относятся к выбранной теме. Анализ посещаемости таких экскурсий показывает рост вовлечённости на 35%.

Эргономические аспекты

В контексте виртуального музея эргономика становится мостом между сложными технологиями и опытом посетителя, который может быть как простым школьником, так и ученым, интересующимся историей космонавтики. Каждый элемент, от интерфейса до навигации, влияет на общее восприятие и взаимодействие. Рассмотрим основные аспекты:

1. Эргономичность разработки

**1.1 Автоматизация процессов**

Использование нейросетей для создания 3D-моделей значительно сокращает время и усилия, необходимые для их разработки. Например, обработка сложного объекта вручную может занимать несколько недель, тогда как с применением нейросетей этот процесс ускоряется в 5–7 раз. Это позволяет сосредоточиться на творческих аспектах проекта, таких как разработка уникального дизайна виртуальной среды или внедрение инновационных функций для пользователей.

**1.2 Упрощение рабочих процессов**

Инструменты автоматического преобразования данных (например, фото или видео в 3D-модели) снижают нагрузку на команду разработчиков, делая процесс создания контента более продуктивным. Эти технологии сокращают время подготовки материалов в среднем на 30–40%, что особенно важно для крупных проектов с множеством экспонатов. Автоматизация не только повышает производительность, но и минимизирует вероятность ошибок, возникающих при ручной обработке данных.

2. Эргономика взаимодействия

**2.1 Навигация**

Эффективная навигация в виртуальном музее — ключ к положительному пользовательскому опыту. Она должна быть интуитивно понятной и включать элементы, которые помогают ориентироваться в пространстве. Например, пользователи могут видеть интерактивный план музея, где указаны залы и экспонаты, или использовать подсвечивающиеся метки для быстрого доступа к объектам. Исследования показывают, что наличие таких подсказок сокращает время поиска нужной информации на 25–30%.

Для персонализации опыта навигация адаптируется под интересы пользователя. Например, система может предлагать рекомендации на основе посещённых ранее экспонатов, что делает взаимодействие более индивидуальным. Кроме того, функции автоматизированных экскурсий, сопровождаемых виртуальным гидом, предоставляют систематический обзор экспозиции, что особенно полезно для новых пользователей.

**2.2 Изучение экспонатов**

Изучение экспонатов в виртуальном музее превращается в увлекательный процесс благодаря интерактивным возможностям. Например, при приближении к ракете пользователь видит всплывающие панели с краткими фактами, а нажатие на объект открывает подробную информацию: историю создания, технические характеристики, видео или анимацию запуска.

Разнообразие форматов представления информации удовлетворяет потребности различных категорий пользователей. Те, кто предпочитает визуализацию, могут изучать 3D-модели и видео, а для аудиалов доступен аудиогид. Интерактивные функции, такие как вращение модели, возможность заглянуть внутрь или активировать симуляцию работы двигателя, создают эффект погружения и делают процесс обучения более запоминающимся.

**2.3 Адаптивность интерфейса**

Интерфейсы виртуального музея должны быть удобными и интуитивно понятными. Например, кнопки для масштабирования, вращения или открытия информации располагаются так, чтобы быть легко доступными. Адаптивность интерфейса учитывает различный уровень подготовки пользователей. Новичкам предлагаются обучающие элементы и подсказки, тогда как опытным пользователям доступны расширенные настройки.

Использование дополненной реальности (AR) добавляет новый уровень взаимодействия. Например, пользователь может перенести модель ракеты в свою комнату с помощью смартфона, чтобы изучить её в реальном масштабе. Такие возможности не только делают взаимодействие более захватывающим, но и повышают доступность информации. Однако при этом важно обеспечить оптимизацию контента для работы на различных устройствах, чтобы он оставался доступным для широкой аудитории.

**2.4 Зрительное и когнитивное удобство**

Для уменьшения зрительного напряжения используются нейтральные цветовые схемы, которые снижают нагрузку на глаза на 15–20%. Информация представляется в виде инфографики или анимаций, что ускоряет её восприятие на 35%. Например, сложные технические данные ракеты могут быть разбиты на понятные визуальные блоки, такие как схемы или динамические графики.

**2.5 Обратная связь и улучшение системы**

Регулярное получение обратной связи от пользователей позволяет улучшать эргономику. Например, встроенные опросы помогают выявить недостатки в навигации или интерфейсе. Анализ отзывов и внедрение соответствующих улучшений повышают удовлетворённость посетителей на 20%.

Эргономичная таблица сравнений с количественными параметрами, отражающая различные аспекты взаимодействия пользователей с виртуальным музеем:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Эргономический аспект | Критерий оценки | Метод реализации | Количественные параметры | Преимущества | Недостатки |
| Навигация | Время на освоение интерфейса | Интуитивные карты, подсказки | Среднее время: 5–10 минут | Быстрая адаптация пользователей | Требует тщательной настройки |
| Интерактивность | Количество доступных действий на экспонате | Анимации, вращение моделей, интерактивные панели | От 5 до 15 интерактивных элементов на экспонат | Повышение вовлеченности | Возможна перегрузка интерфейса |
| Интерфейс | Удобство расположения элементов управления | Адаптивный дизайн, оптимизация для устройств | Время на выполнение действия: <2 секунды | Высокая скорость взаимодействия | Сложность тестирования на разных устройствах |
| Адаптивность платформы | Доступность на разных устройствах | WebGL, Unity, AR | Совместимость: до 95% устройств | Доступность для широкой аудитории | Ограничения производительности слабых устройств |
| Качество визуализации | Реалистичность моделей и текстур | Использование 4K текстур и оптимизация | Разрешение текстур: до 8K | Визуальное погружение | Увеличение времени загрузки |
| Скорость загрузки контента | Среднее время загрузки экспозиции | Оптимизация моделей и текстур | Время загрузки: 3–15 секунд | Быстрое начало взаимодействия | Ограничения для сложных сцен |
| Обратная связь | Количество обучающих элементов (подсказки, инструкции) | Встроенные подсказки, голосовые гайды | 1–2 подсказки на каждый новый элемент интерфейса | Снижение вероятности ошибок | Увеличение сложности интерфейса |
| Дополненная реальность (AR) | Простота интеграции в пользовательскую среду | AR через мобильные приложения | Время наложения объектов: <3 секунды | Удобство изучения экспонатов в реальной среде | Требуются современные мобильные устройства |
| Система рекомендаций | Релевантность предложений | Анализ поведения пользователей | Точность: до 90% релевантных рекомендаций | Персонализированный опыт | Сложность реализации аналитики |
| Образовательная ценность | Объем предоставляемой информации | Текст, аудио, видео, интерактивные панели | От 100 до 500 слов на экспонат | Глубокое погружение в материал | Возможна перегрузка информацией |

Таблица 3. Эргономичная таблица сравнений с количественными параметрами

Примечания:

**Количественные параметры** основаны на среднем опыте успешных виртуальных музеев.

**Навигация** и **обратная связь** – ключевые аспекты, определяющие комфортность использования.

**Интерактивность** повышает вовлеченность, но требует баланса между количеством функций и простотой использования.

**Дополненная реальность** (AR) улучшает доступность экспонатов в реальной среде, но ограничена техническими возможностями пользователей.

Эргономика интерфейса напрямую влияет на удовлетворенность пользователей, что подтверждается скоростью выполнения действий и освоения.

Таблица помогает структурировать подход к разработке и оценке пользовательского опыта в виртуальном музее.

Преимущества виртуального музея

**1. Интерактивность**

Виртуальный музей предоставляет пользователям возможность не только наблюдать экспонаты, но и активно взаимодействовать с ними. Например:

* Модели в 3D: пользователи могут вращать, увеличивать и исследовать сложные объекты, такие как двигатели ракет или спутники, со всех сторон. Это делает изучение наглядным и увлекательным.
* Анимация процессов: пользователь может наблюдать симуляцию работы механизмов, таких как запуск двигателя ракеты или процесс разделения ступеней.
* В отличие от традиционного музея, где экспонаты, как правило, ограждены, виртуальный музей стирает границы, делая экспозицию "осязаемой".

Исследования показывают, что взаимодействие с интерактивными элементами повышает уровень запоминания информации на 40–50% по сравнению с чтением текстов или просмотром статичных изображений.

**2. Доступность**

Глобальный охват: виртуальный музей доступен из любой точки мира. Неважно, находится пользователь в мегаполисе или в отдалённом регионе — нужен только доступ к интернету.

Доступность 24/7: нет ограничений по времени, как в традиционных музеях. Пользователь может посещать экспозицию в любое удобное для него время.

Сравнение с традиционными музеями:

* Посещение физического музея требует времени и затрат на транспорт. Например, поездка в крупный космический музей в другой стране может стоить несколько сотен долларов, тогда как виртуальный музей предоставляет доступ бесплатно или за символическую плату.
* По данным ЮНЕСКО, более 60% населения Земли не имеет физической возможности посетить крупные музеи из-за географической или экономической удалённости.

**3. Образовательная ценность**

Адаптивность подачи информации: виртуальный музей предлагает пользователям несколько форматов изучения: текст, видео, интерактивные модели, аудиогиды. Это удовлетворяет потребности разных категорий аудитории — от школьников до инженеров.

Геймификация обучения: через игровые элементы, такие как викторины, виртуальные квесты и симуляции, пользователи осваивают сложные технические концепции в увлекательной форме. Например, "собери спутник" или "управляй запуском ракеты".

Сравнение эффективности: согласно исследованиям, студенты, использующие интерактивные виртуальные среды, на 30% быстрее осваивают технические концепции по сравнению с традиционными методами.

**4. Эргономичность**

Удобный интерфейс виртуального музея минимизирует когнитивную нагрузку, позволяя сосредоточиться на изучении информации. Например:

* Интуитивная навигация: использование карт, подсказок, цветовых маркеров для облегчения ориентирования в виртуальном пространстве.
* Масштабируемость интерфейса: адаптация под устройства с разными размерами экранов — от смартфонов до VR-гарнитур.

Сравнение с физическими музеями:

* В реальном музее информация о каждом экспонате часто представлена только на табличках. Виртуальная среда позволяет интегрировать подробные описания, динамические графики, интерактивные видео.
* Посетители, испытывающие физические ограничения (например, маломобильные группы), могут получить полноценный доступ к экспозиции.

**5. Экономичность**

Снижение затрат: виртуальный музей устраняет многие расходы, связанные с традиционными выставками, включая транспортировку и страхование экспонатов, аренду помещений и оплату персонала.

Долговременное хранение: цифровые модели не подвергаются физическому износу. По сравнению с реальными экспонатами, которые требуют регулярного обслуживания, виртуальные экспонаты сохраняются практически без затрат.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Критерий | Виртуальный музей | Традиционный музей |
| Интерактивность | Возможность вращать, увеличивать 3D-модели, анимация процессов, симуляции работы механизмов. | Ограниченное взаимодействие — экспонаты часто защищены витринами, запрещено трогать. |
| Доступность | Доступ из любой точки мира 24/7, требуется только интернет. | Ограничено географией, временем работы и вместимостью. |
| Стоимость посещения | Обычно бесплатный доступ или символическая плата. | Затраты на входной билет, транспорт и проживание (если музей находится в другом городе/стране). |
| Образовательная ценность | Разнообразие форматов: текст, видео, интерактивные элементы, аудио-гиды, геймификация. | Зависит от качества экскурсии и наличия гидов; ограниченные возможности для персонализации подачи информации. |
| Эргономика интерфейса | Интуитивно понятная навигация, доступные подсказки, адаптивный интерфейс для устройств разного типа (ПК, смартфоны, VR). | Требует физической навигации по помещениям; ориентироваться сложнее, особенно в больших музеях без четких указателей. |
| Техническая адаптация | Поддержка AR/VR, возможность использования на смартфонах и планшетах, гибкость при изменении контента. | Требует физической реконструкции для изменений, ограничено техническим оснащением музея. |
| Экономичность | Нет расходов на транспортировку экспонатов, аренду помещений, охрану, страхование. | Высокие затраты на содержание здания, оплату сотрудников, транспортировку и сохранность экспонатов. |
| Сохранность экспонатов | Цифровые модели не подвержены физическому износу, хранятся без особых затрат. | Экспонаты требуют регулярного ухода и реставрации, подвержены рискам повреждений и утраты. |
| Доступ для маломобильных групп | Полный доступ через интернет, нет физических ограничений. | Часто затруднен или невозможен из-за архитектурных барьеров. |
| Экологичность | Минимальное влияние на окружающую среду, отсутствие потребности в ресурсах для физического хранения. | Высокие энергозатраты на содержание зданий, влияние на природу из-за поездок посетителей. |

Таблица 4. Сравнительная таблица виртуального и физического музеев.

Эта таблица наглядно показывает преимущества виртуального музея, особенно в аспектах доступности, интерактивности и экономичности. Однако традиционные музеи сохраняют ценность как культурные и исторические пространства с реальной атмосферой.

Заключение

Виртуальные музеи ракетно-космической техники являются инновационным и перспективным направлением, способным объединить науку, технологии и искусство для широкой аудитории. Использование передовых методов 3D-моделирования, автоматизации через нейронные сети и дополненной реальности позволяет создавать экспозиции, которые не только интерактивны, но и максимально достоверны с точки зрения воспроизведения исторических и технических деталей.

Учёт эргономических аспектов, таких как удобство интерфейса, адаптивность платформы и интуитивная навигация, обеспечивает комфортное и увлекательное взаимодействие пользователей с экспонатами. А разнообразие способов представления информации — текст, видео, аудиогиды, анимации — делает обучение доступным для людей с разными предпочтениями и уровнями подготовки.

Сравнительные анализы методов преобразования, способов визуализации и эргономических решений демонстрируют, что такие проекты могут стать важным инструментом популяризации науки и технологий. Они способствуют не только образовательным целям, но и созданию уникального культурного опыта, объединяя пользователей из разных уголков мира.

Таким образом, виртуальные музеи представляют собой мощный инструмент для сохранения, изучения и передачи знаний о достижениях ракетно-космической отрасли, делая её достижения доступными для каждого.

Список литературы

1. Кочергина О. Д., Горина А. В., Хахулина Н. Б. Выбор методов сбора информации и технология создания виртуального тура // Студент и наука. 2019. № 3. С. 63-66. EDN TWHDCY.
2. ИИ в 3D: где мы сейчас и какое будущее нас ждет. Часть 2 [Электронный ресурс]: URL: <https://habr.com/ru/articles/796235/>
3. Как искусственный интеллект меняет игру при создании 3D-моделей и текстур [Электронный ресурс]: URL: https://mixar.biz/blog/ai\_powered\_3d
4. Методы оптимизации высокополигональных 3D моделей [Электронный ресурс]: URL: http://brainystudio.ru/ru/blog-ru/52-optimization\_3d
5. Попов А. А. Эргономика пользовательских интерфейсов в информационных системах. – 2016.
6. Калашников А.Д., Ткачева Д.А, Жидков Е.И., Вдовкина Е.Д., Горячкин Ь.С., Терехов В.И. [Многофункциональная интеллектуальная информационная система эволюции развития и современного состояния ракетно-космической отрасли](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54327004&pff=1). // XLVII Академические чтения по космонавтике 2023: сборник тезисов докладов - М., 2023 - С. 32 - 34.
7. Горячкин Б.С., Кузнецов М.И., Майорова В.И., Терехов В.И. [Интеллектуальный информационный комплекс «Ракетно-космические адреса России»: концепция проекта](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54326829&pff=1) // XLVII Академические чтения по космонавтике 2023: сборник тезисов докладов - М., 2023 - С. 13 – 15.
8. Кузнецов М.И. Ракетно-космические адреса Московского региона. Цандер // XLIV академические чтения по космонавтике (Королевские чтения – 2020): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020 Т. 1 с. 19-21
9. Кузнецов М.И. «Ракетно-космические» адреса взаимодействия Цандера, Королёва, Победоносцева в окрестностях МВТУ – МММИ // XLVI Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2022): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022. Т. 1. С. 17–19.