**Разработка базы данных для виртуального музея вычислительной техники**

**Аннотация**

Цифровые технологии меняют музейное дело, открывая возможности для создания полноценных виртуальных музеев, которые используют виртуальную реальность и интерактивное взаимодействие. В данной статье рассматриваются вопросы проектирования базы данных, лежащей в основе Виртуального музея вычислительной техники ИРНИТУ. В статье рассмотрены подходы организации структурированного хранения данных об экспонатах и их визуальных моделях, предложена концепция реляционной базы данных, предназначенной для интеграции с виртуальной реальностью. В работе обоснована необходимость применения специализированной информационной системы.

**Ключевые слова**

база данных, виртуальный музей, вычислительная техника, цифровая коллекция, 3D-модель, информационная система

**Введение**

Информационные технологии меняют принципы хранения, демонстрации и интерпретации культурного и научного наследия. Современные музеи постепенно расширяют рамки традиционного выставочного пространства, предлагая аудитории цифровые форматы взаимодействия. Виртуальный музей — мультимедийная информационная система, позволяющая воспроизводить экспозиции в виртуальной реальности, где посетители могут свободно перемещаться, интерактивно взаимодействовать с экспонатами и получать углубленную информацию о каждом из них.

Актуальность внедрения виртуальных музеев обусловлена необходимостью сохранения редких и хрупких экспонатов, а также стремлением расширить аудиторию за счет онлайн-доступа и предложить новые форматы образовательного контента. При этом виртуальный формат позволяет продемонстрировать внутреннее устройство сложных механизмов, смоделировать работу устройств, а также создать тематические маршруты, выстроенные по историко-технологическим линиям.

Для создание виртуального музея требуется наличие надёжной, гибкой и масштабируемой базы данных, в которой будет храниться не только текстовая информация об экспонатах, но и ссылки на 3D-модели, мультимедийные материалы, временные и логические связи между объектами коллекции – весь сопутствующий материал, необходимый для нормального функционирования музея. Такая база данных должна соответствовать требованиям как музейной, так и программной архитектуры, быть удобной в обслуживании и легко расширяемой.

**Теоретические основы проектирования базы данных**

Проектирование баз данных для музея основывается на принципах систематизации и разбиения информации на каталоги. Однако виртуальный формат требует более гибкого подхода, сочетающего методы информационного моделирования, реляционного проектирования, а также интеграции с веб- и VR-интерфейсами.

Одним из наиболее широко применяемых подходов к построению информационных систем подобного рода является реляционная модель данных, предложенная Эдгаром Коддом. Она обусловлена строгой логикой, чёткой формализацией связей, развитой теорией нормализации и распространённой технической поддержкой в СУБД (PostgreSQL, MySQL, SQLite, MS SQL Server и др.). Реляционная модель позволяет эффективно управлять отношениями между объектами, обеспечивает структурированность данных, а также удобна в сопровождении и развитии.

Для виртуального музея важно устанавливать связи между экспонатами, объединяя их по различным критериям: дате выпуска, производителю, техническим характеристикам и тематическим категориям. Кроме того, необходима поддержка ссылок на внешние ресурсы. Для реализации всех этих функций необходима тщательно проработанная структура и высокий уровень нормализации данных.

**Архитектурное решение и проектирование базы данных**

Виртуальный музей вычислительной техники реализован на основе архитектуры, состоящей из трех взаимосвязанных уровней: базы данных, серверного приложения и клиентского интерфейса.

Серверное приложение выступает в роли программного посредника между пользователем и базой данных, обеспечивая обработку запросов, фильтрацию данных, маршрутизацию информации и взаимодействие с визуальными элементами интерфейса.

Пользовательская часть представлена веб-интерфейсом, который визуализирует данные в интерактивной трёхмерной модели, позволяя пользователю взаимодействовать с экспонатами.

В качестве технологической базы проекта использована реляционная модель данных, реализованная на платформе PostgreSQL, как одной из наиболее надёжных и гибких СУБД.

Ключевыми требованиями к базе данных стали нормализованная структура, поддержка мультимедийного контента, возможность масштабирования и гибкость.

**Логическая модель базы данных**

На этапе логического проектирования были определены основные сущности и их взаимосвязи. В их числе:

1. экспонат – основной объект музея, включающий название, краткое описание, год выпуска, страну происхождения, технические характеристики, 3D-модель и категории;
2. категория – признак, классифицирующий экспонаты по функциональному или историческому признаку, например, мейнфреймы, персональные компьютеры, калькуляторы, игровые приставки и др.;
3. производитель;
4. 3D-модель – трехмерное представление устройства с необходимой метаинформацией (масштаб, ориентация, текстура);
5. история экспоната – расширенный хронологический справочник, включающий в себя, например, этапы создания, эксплуатации;
6. мультимедиа – визуальные и аудиоматериалы, связанные с экспонатом, необходимый для большего погружения посетителя в историю экспоната.

Связи между сущностями реализованы через внешние ключи с каскадными ограничениями, что обеспечивает логическую целостность базы, упрощает работу с объединёнными выборками и отчётами.

**Интеграция с виртуальной экспозицией**

Важнейшей задачей стала реализация непосредственного взаимодействия между базой данных и трёхмерной средой. Для этого была использована модель «данные по запросу», в которой визуальные элементы сцены загружаются в статическом режиме, а их содержательный аспект – динамически из базы данных.

Это позволило избежать перегрузки сцены ненужными метаданными, подгружать актуальную информацию без пересборки проекта и обеспечить обновление данных в реальном времени.

Связь между объектами сцены и базой реализована посредством уникальных идентификаторы. Каждому 3D-объекту в сцене соответствует идентификатор из базы, по которому запрашиваются данные.

**Нормализация данных**

В процессе проектирования схемы БД была проведена трёхуровневая нормализация:

1. Удалены повторяющиеся данные – каждый элемент информации содержится в таблице один раз;
2. Созданы отдельные таблицы для зависимых сущностей – например, производители и категории вынесены из таблицы экспонатов;
3. Исключены излишние зависимости – каждая таблица описывает один логически независимый аспект предметной области.

Нормализация позволила добиться логической согласованности, благодаря чему вся информация обновляется централизованно; гибкости и экономии пространства.

**Особенности хранения мультимедийного контента и 3D-моделей**

Отдельным вопросом при проектировании базы данных для музея стало хранение объёмных файлов трёхмерных моделей, изображений, схем, аудио- и видео- материалов. Прямое хранение таких объектов в базе данных в бинарном формате неэффективно. Поэтому файлы размещаются на сервере в файловой системе, а в базе данных сохраняются ссылки на их местонахождение, а также метаданные.

Это минимизирует нагрузку на базу данных и ускоряет загрузку моделей на клиентской части.

В качестве формата для трёхмерных моделей был выбран GLTF/GLB, как наиболее совместимый с WebGL и поддерживающему материалы, анимации и метаданные. Каждая модель сопровождается техническим описанием, необходимым для корректного размещения модели на сцене.

**Практическая значимость**

Разработанная база данных имеет высокую прикладную ценность для сферы цифровой музейной практики. Ее возможности выходят далеко за рамки проекта Виртуального музея вычислительной техники ИРНИТУ и могут быть успешно использованы в качестве универсального модуля в различных сферах.

Модель обладает гибкостью и может быть адаптирована для самых разных целей, начиная от демонстрации 3D-моделей на школьном уроке и заканчивая профессиональным научным каталогом.

**Выводы**

В ходе работы была спроектирована и реализована база данных для Виртуального музея вычислительной техники ИРНИТУ, обеспечивающая структурированное хранение информации об экспонатах, поддержку мультимедийных и 3D-материалов, гибкие связи между сущностями и эффективное взаимодействие с виртуальной визуализацией в реальном времени.

Оптимизация подхода к проектированию баз данных для виртуальных музеев, основанная на реляционной модели, обеспечила надежность, масштабируемость и высокую производительность. При этом проектирование баз данных должно учитывать не только классические методы систематизации, но и особенности работы с трехмерными визуализациями, интерактивными элементами и интеграцией с современными веб-платформами.