

БРЮХАЧЁВ А. А.
АРХИТЕКТУРА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ 3D-ОЦИФРОВКИ В
СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЙ И ОЦЕНКА
ЭФФЕКТИВНОСТИ

УДК 004.4:004.92:69.05, ГРНТИ 50.01.85

Статья поступила в редакцию 02.12.2025

Архитектура веб-приложения для задач
3d-оцифровки в строительстве: выбор
технологий и оценка эффективности

Architecture of a web application for
3d digitization tasks in construction:
technology selection and efficiency
assessment

А. А. Брюхачёв

A. A. Bryukhachev

Российский технологический
университет (МИРЭА), г. Москва

Russian Technological University
(MIREA), Moscow

Статья посвящена актуальной проблеме цифровизации строительной отрасли – автоматизации процесса оцифровки технических планов в 3D с использованием технологий информационного моделирования зданий (BIM). В работе представлена архитектура специализированного веб-приложения, обоснован выбор технологического стека (React, Node.js, Three.js) и формализованы ключевые критерии оценки его эффективности, в первую очередь – время отклика системы. Предложенное решение позволяет преодолеть ограничения традиционных десктопных BIM-систем, такие как высокие требования к аппаратному обеспечению и сложность организации коллаборации.

The article is devoted to an urgent problem of digitalization of the construction industry – automation of the process of digitization of technical plans in 3D using building information modeling (BIM) technologies. The paper presents the architecture of a specialized web application, justifies the choice of a technology stack (React, Node.js, Three.js) and formalized the key criteria for evaluating its effectiveness, primarily the system response time. The proposed solution makes it possible to overcome the limitations of traditional desktop BIM systems, such as high hardware requirements and the complexity of collaboration.

Ключевые слова: BIM, веб-приложение, 3D-моделирование, архитектура, Three.js, Node.js, React, оцифровка, технические планы

Keywords: BIM, web application, 3D modeling, architecture, Three.js, Node.js, React, digitization, technical plans

Введение

Современная строительная отрасль характеризуется активным внедрением технологий информационного моделирования (BIM) [1]. Однако процесс оцифровки существующих технических планов и 2D-чертежей в 3D-модели остается трудоемким и требует применения сложного, зачастую дорогостоящего программного обеспечения, такого как Autodesk Revit, ArchiCAD или Renga. Эти решения, будучи мощными инструментами, обладают рядом ограничений: высокие требования к вычислительным ресурсам, привязка к конкретной операционной системе и сложности при организации многопользовательской работы в реальном времени.

Развитие веб-технологий, в частности WebGL, открывает новые возможности для создания кроссплатформенных и доступных решений, не уступающих по функциональности десктопным аналогам в базовых сценариях. Целью данного исследования является разработка архитектуры, обоснование выбора технологий и оценка эффективности веб-приложения для 3D-оцифровки технических планов с использованием BIM-принципов.

Анализ проблемы и существующих решений

Проведенный сравнительный анализ рынка BIM-инструментов [2] выявил существенный разрыв между мощными десктопными системами и потребностями пользователей в гибких, доступных инструментах для решения конкретной задачи – преобразования 2D-документации в 3D-модели. Такие системы, как Revit и ArchiCAD, ориентированы на полный цикл проектирования, их функционал избыточен для задач оцифровки, а лицензирование дорого. Отечественные аналоги (Renga, SODIS Lab) также являются десктопными и предъявляют высокие требования к оборудованию.

Таким образом, актуальной является задача разработки веб-ориентированного решения, которое обеспечило бы:

- доступность: работа в браузере без установки дополнительного ПО;
- низкий порог входа: минимальные требования к аппаратному обеспечению клиента;
- коллаборацию: возможность совместной работы над проектом;
- стандартизацию: поддержку открытых форматов, таких как IFC [3].

Архитектура веб-приложения

Архитектура предлагаемого веб-приложения строится по многоуровневому клиент-серверному принципу, что обеспечивает модульность, масштабируемость и простоту поддержки.

Клиентская часть (Frontend)

Клиентская часть реализована на основе компонентного подхода с использованием библиотеки React. Данный выбор обусловлен возможностью создания сложных, интерактивных пользовательских интерфейсов, состоящих из переиспользуемых компонентов. Виртуальный DOM React обеспечивает

высокую производительность при частом обновлении интерфейса, что критично в интерактивных 3D-приложениях.

Визуализация 3D-графики осуществляется с помощью библиотеки Three.js, которая является де-факто стандартом для работы с WebGL в браузере. Three.js предоставляет высокоуровневый API для создания сцен, загрузки 3D-моделей, работы с камерой, освещением и материалами, что позволяет отображать сложные BIM-модели прямо в браузере без использования плагинов.

Серверная часть (Backend)

Серверная часть построена на платформе Node.js. Ее асинхронная, событийно-ориентированная архитектура идеально подходит для обработки большого количества одновременных подключений и операций ввода-вывода, характерных для работы с файлами и совместного проектирования.

Основные функции серверной части:

- обработка файлов: загрузка, валидация и конвертация 2D-чертежей (PDF, DWG) и 3D-моделей (IFC);
- предоставление REST API для взаимодействия с клиентом;
- управление бизнес-логикой: контроль коллизий, классификация элементов модели;
- обеспечение многопользовательского режима через механизм WebSockets;
- взаимодействие с базой данных для хранения информации о проектах и пользователях.

Взаимодействие и хранение данных

Для хранения данных используется гибридный подход: метаданные о проектах и пользователях хранятся в реляционной СУБД (например, PostgreSQL), а файлы моделей и чертежей – в облачном объектном хранилище (например, AWS S3 или его аналогах). Обмен данными между клиентом и сервером осуществляется в формате JSON через REST API.

Схема архитектуры представлена на Рисунке 1.

Оценка эффективности

Ключевым показателем эффективности веб-приложения, работающего с графикой, является время отклика (Time Response, TR) – время от запроса пользователя до полной загрузки и отображения 3D-модели. Для его оптимизации была предложена следующая математическая модель.

Целевая функция времени отклика (Формула 1):

$$TR = T_1(x_1) + T_2(x_2, x_3), \quad (1)$$

где TR – общее время отклика приложения;

$T_1(x_1)$ – время, необходимое для загрузки данных из базы данных или файлов;

$T_2(x_2, x_3)$ – время, затраченное на обработку данных и преобразование их в 3D-формат.

Архитектура веб-приложения для 3D-оцифровки BIM-моделей

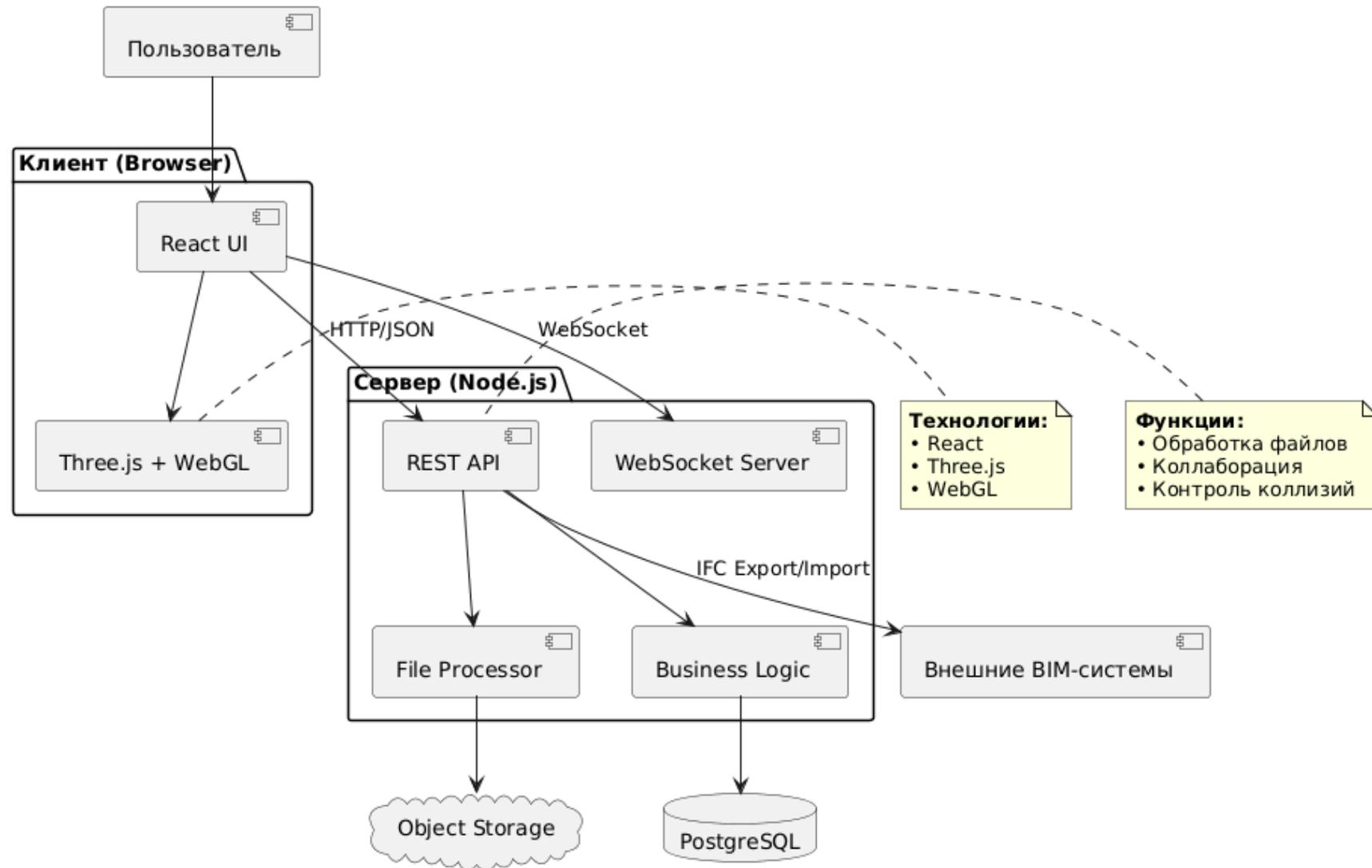


Рисунок 1. Архитектура веб-приложения

Задача оптимизации сводится к минимизации TR при заданных ограничениях на x_1 , x_2 , x_3 .

Данная модель позволяет количественно оценить влияние различных факторов на производительность и целенаправленно проводить оптимизацию, например, за счет сжатия данных, использования LOD (Level of Detail) и масштабирования серверных мощностей.

Помимо производительности, к критериям эффективности относятся:

- масштабируемость: модульная архитектура позволяет горизонтально масштабировать систему, добавляя новые серверы для обработки запросов;
- надежность: время восстановления системы после сбоя не должно превышать 10 минут;
- безопасность: реализация двухфакторной аутентификации и разграничения прав доступа в соответствии с ФЗ-152 [4].

Заключение

В статье представлена архитектура веб-приложения для 3D-оцифровки технических планов, которая позволяет преодолеть ключевые ограничения существующих десктопных BIM-систем. Обоснованный выбор технологического стека (React, Node.js, Three.js) обеспечивает создание производительного, кроссплатформенного и масштабируемого решения.

Предложенная математическая модель для оценки времени отклика дает инструмент для количественной оценки и оптимизации производительности системы на этапе проектирования и эксплуатации. Разработанное веб-приложение имеет значительный практический потенциал для применения в строительных и проектных организациях, вузах и органах государственного управления, способствуя ускорению темпов цифровой трансформации строительной отрасли.

Список использованных источников и литературы:

1. Ложкин Николай Дмитриевич BIM-Технологии проектирования // Colloquium-journal. 2020. №11(63). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bim-tehnologii-proektirovaniya>.
2. Кандрашкин П. В. Перспективы применения BIM -технологий в управлении строительными проектами в Российской Федерации // Инновационная наука. 2023. №6-2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-primeneniya-bim-tehnologiy-v-upravlenii-stroitelnyimi-proektami-v-rossiyskoy-federatsii>.
3. Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства. Часть 1. Схема данных ГОСТ Р 10.0.02-2019/ИСО 16739-1:2018. – URL: <https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=233070>.
4. О персональных данных: федеральный закон от 27 июля 2006 г. N 152-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2006. – № 31 (часть I). – Ст. 3451.

List of references

1. N. D. Lozhkin, "BIM design technologies," Colloquium-journal, no. 11(63), 2020. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/bim-tehnologii-proektirovaniya>. [Accessed: 15-Mar-2026]. (In Russian).
2. P. V. Kandrashkin, "Prospects for the application of BIM technologies in the management of construction projects in the Russian Federation," Innovative Science, no. 6-2, 2023. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-primeneniya-bim-tehnologiy-v-upravlenii-stroitelnyimi-proektami-v-rossiyskoy-federatsii>. [Accessed: 15-Mar-2026]. (In Russian).
3. "System of standards for information modeling of buildings and structures. Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. Part 1. Data schema," GOST R 10.0.02-2019/ISO 16739-1:2018, 2019. [Online]. Available: <https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=233070>. [Accessed: 15-Mar-2026]. (In Russian).
4. "On Personal Data," Federal Law No. 152-FZ of July 27, 2006, Collection of Legislation of the Russian Federation, no. 31 (part I), art. 3451, 2006. (In Russian).