

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ BIM-МОДЕЛЕЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Брюхачёв Алексей Андреевич

Студент;

МИРЭА – Российский технологический университет;

119454, Россия, г. Москва, пр-т Вернадского, 78;

e-mail: aleksey.bryukhachiov@yandex.ru.

В статье рассматривается применение веб-технологий для создания и визуализации BIM-моделей в строительстве. Выполнен анализ существующих программных средств, включая десктопные BIM-системы и веб-средства просмотра BIM-данных. На этой основе предложена архитектура веб-приложения, предназначенного для загрузки, хранения, просмотра и базового редактирования BIM-моделей через браузер. Обоснован выбор технологического стека React, Three.js, Node.js и библиотек семейства web-ifc. Описаны основные пользовательские сценарии и результаты апробации прототипа. Показано, что веб-подход позволяет повысить доступность BIM-инструментов и упростить работу с моделями в единой цифровой среде.

Ключевые слова: BIM, IFC, веб-приложение, строительство, React, Three.js, Node.js, web-ifc-three, визуализация.

Для цитирования:

Брюхачёв А. А. Применение веб-технологий для создания и визуализации BIM-моделей в строительстве // Системный анализ в науке и образовании. 2026. № 1. С. 12-20. EDN: FEWHJD. URL: <https://sanse.ru/index.php/sanse/article/view/700>.

DEVELOPMENT OF A WEB APPLICATION FOR CREATION AND VISUALIZATION OF BIM MODELS IN CONSTRUCTION

Bryukhachev Alexey A.

Student;

MIREA – Russian Technological University;

78 Vernadskogo Av., Moscow, 119454, Russia;

e-mail: aleksey.bryukhachiov@yandex.ru.

The article discusses the application of web technologies for creating and visualizing BIM models in construction. An analysis of existing software solutions is carried out, including desktop BIM systems and web-based BIM viewing tools. Based on this analysis, the architecture of a web application intended for uploading, storing, viewing and basic editing of BIM models through a browser is proposed. The choice of the technological stack, including React, Three.js, Node.js and the web-ifc family libraries, is substantiated. The main user scenarios and the results of prototype approbation are described. It is shown that the web-based approach improves the accessibility of BIM tools and simplifies working with models in a unified digital environment.

Keywords: BIM, IFC, web application, construction, React, Three.js, Node.js, web-ifc-three, rendering.

For citation:

Bryukhachev A.A. Application of web technologies for creation and visualization of BIM models in construction. *System analysis in science and education*, 2026;(1):12-20 (in Russ). EDN: FEWHJD. Available from: <https://sanse.ru/index.php/sanse/article/view/700>.



Статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (CC BY 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>

Введение

Информационное моделирование зданий (*BIM*) является одним из ключевых направлений цифровизации строительной отрасли, поскольку модель содержит не только геометрию объекта, но и связанные с ним атрибутивные, технологические и организационные данные [1]. Важную роль в обеспечении совместимости *BIM*-решений играет открытый стандарт *IFC* (*Industry Foundation Classes*), предназначенный для представления и обмена данными об объектах строительства между различными программными системами [2]. Использование *IFC* позволяет работать с моделью не только как с графическим представлением объекта, но и как со структурированным набором взаимосвязанных элементов и их свойств.

Актуальность разработки веб-ориентированных средств работы с *BIM*-моделями связана с необходимостью обеспечить доступ к моделям через браузер, упростить взаимодействие участников проекта и снизить зависимость от тяжёлых десктопных программ. При этом значительная часть существующих решений либо ориентирована на полнофункциональное локальное проектирование, либо ограничивается просмотром модели без развитых средств работы с проектными данными.

Главное отличие предлагаемого подхода от существующих аналогов заключается в том, что разрабатываемое приложение рассматривается не как отдельный просмотрщик *IFC*-файлов и не как замена полнофункциональной *BIM*-системы, а как специализированная легковесная веб-среда для создания, загрузки, визуализации, анализа и базового редактирования *BIM*-модели в браузере. В отличие от типовых веб-решений, ориентированных только на отображение сцены, в предлагаемой системе акцент делается на совместном использовании геометрических и атрибутивных данных, модульной архитектуре и возможности адаптации под прикладные процессы строительной организации.

1. Анализ существующих решений

Существующие программные средства для работы с *BIM*-моделями можно условно разделить на две основные группы: десктопные системы и веб-средства просмотра *BIM*-данных.

К первой группе относятся десктопные *BIM*-системы, предназначенные для полноценного проектирования и выпуска документации. В качестве наиболее распространённых примеров можно привести *Autodesk Revit* [3] и *Graphisoft Archicad* [4]. Основным достоинством таких решений является развитый инструментарий моделирования и работы с проектной документацией. Вместе с тем их использование связано с установкой специализированного программного обеспечения, более высокими требованиями к вычислительным ресурсам и привязкой к рабочему месту пользователя.

Ко второй группе относятся веб-средства просмотра *BIM*-данных. В качестве примера можно выделить *Autodesk Viewer* [5]. Его преимуществом является доступ через браузер и удобство визуализации моделей без установки тяжёлого программного обеспечения. Однако такие решения в большинстве случаев ориентированы прежде всего на просмотр и анализ уже подготовленных моделей и, как правило, не предполагают развитых средств редактирования и сопровождения проектных данных в рамках специализированной прикладной среды.

Сравнение выделенных групп программных средств приведено в Таблице 1.

Таблица 1. Сравнение групп программных средств для работы с *BIM*-моделями

Критерий	Десктопные <i>BIM</i> -системы	Веб-средства просмотра <i>BIM</i>
Основное назначение	Моделирование, проектирование, выпуск документации	Просмотр, публикация, анализ моделей
Работа через браузер	Нет или ограничено	Да
Полноценное редактирование модели	Да	Нет
Поддержка совместной работы	Ограничено или через внешние сервисы	Ограничено
Требования к клиентскому устройству	Высокие	Низкие или средние

Таким образом, существующие решения закрывают отдельные аспекты работы с *VIM*-моделями, но имеют ряд ограничений. Desktopные системы обеспечивают широкие возможности моделирования, однако менее удобны для быстрого браузерного доступа и подключения большого числа участников проекта. Веб-просмотрщики удобны для визуализации, но чаще всего ориентированы только на просмотр модели и не обеспечивают единой среды для работы с её атрибутивными данными и базового редактирования.

На этом фоне преимуществами разрабатываемого веб-приложения являются браузерный доступ к *VIM*-модели, поддержка загрузки и визуализации *IFC*-данных, работа с атрибутивной информацией элементов, возможность базового редактирования и более высокая приспособленность к специализированным процессам строительной организации. В отличие от типовых веб-просмотрщиков, предлагаемое решение ориентировано не только на отображение модели, но и на организацию единой рабочей среды для её просмотра, анализа и сопровождения.

2. Требования к системе

При проектировании веб-приложения для работы с *VIM*-моделями необходимо учитывать как функциональные, так и нефункциональные требования.

К основным функциональным требованиям относятся:

- создание проекта;
- загрузка *IFC*-моделей в систему;
- отображение модели в браузере;
- навигация по трёхмерной сцене;
- выбор отдельных элементов модели;
- просмотр свойств выбранных объектов;
- экспорт проектных данных для последующей обработки.

Важным требованием является поддержка поэлементной работы с *VIM*-моделью. Пользователь должен иметь возможность не только просматривать модель как целостный трёхмерный объект, но и анализировать её структуру, получать сведения об отдельных элементах, скрывать и отображать категории объектов, а также работать с атрибутивной информацией.

К нефункциональным требованиям относятся кроссплатформенность, работа в современных браузерах, масштабируемость, модульность, расширяемость и безопасность. Система должна обеспечивать приемлемую скорость загрузки типовых *IFC*-моделей, под которой в рамках настоящей работы понимается переход в интерактивный режим не более чем за 15 секунд в среднем. Данный критерий считается приемлемым, поскольку после завершения загрузки пользователь должен иметь возможность без длительного ожидания перейти к навигации по сцене, просмотру структуры модели и выбору её элементов.

Отдельное внимание следует уделять удобству пользовательского интерфейса. Практическая ценность веб-приложения определяется не только способностью создавать и отображать *VIM*-модель, но и тем, насколько быстро пользователь может найти нужный объект, получить информацию о нём и выполнить целевое действие без обращения к нескольким разрозненным программам.

3. Архитектура веб-приложения

Архитектура предлагаемого веб-приложения строится по многоуровневому клиент-серверному принципу, что обеспечивает модульность, масштабируемость и удобство сопровождения. Общая структура системы представлена на Рисунке 1.

3.1 Клиентская часть (*Frontend*)

Клиентская часть реализуется на основе компонентного подхода с использованием библиотеки *React*. Такой выбор обусловлен тем, что библиотека предназначена для построения интерфейсов из независимых компонентов, что особенно важно для приложений со сложной структурой экранов,

боковых панелей, модальных окон, дерева модели и области визуализации [6]. Для отображения трёхмерной сцены используется библиотека *Three.js*, обеспечивающая работу со сценой, камерами, геометрией, материалами моделей и пользовательским взаимодействием в браузере [7]. В связке с *Three.js* для работы с IFC-моделями может использоваться *web-ifc-three* [8], а также актуальные компоненты экосистемы *That Open* [9], опирающиеся на *web-ifc* и *IfcLoader*.

В структуре клиентской части целесообразно выделить следующие модули: окно загрузки моделей, дерево структуры BIM-модели, панель свойств выбранного элемента, область трёхмерной визуализации, а также инструменты поиска, фильтрации и настройки отображения.

3.2. Серверная часть (Backend)

Серверная часть строится на платформе *Node.js*. Согласно официальной документации, данная платформа является асинхронной событийно-ориентированной средой выполнения *JavaScript* кода, предназначенной для построения масштабируемых сетевых приложений [10]. Для задач веб-системы, работающей с BIM-данными, это важно, поскольку сервер должен обслуживать запросы на загрузку файлов, выдачу метаданных, хранение проектной информации, синхронизацию действий пользователей и взаимодействие с базой данных.

Основные функции серверной части:

- приём и валидация файлов моделей;
- предоставление API для клиентского приложения;
- управление правами доступа;
- взаимодействие с базой данных для хранения информации о проектах и пользователях.

3.3. Взаимодействие и хранение данных

Для хранения данных целесообразно использовать гибридный подход. Метаинформация о проектах, пользователях, версиях моделей и операциях сохраняется в базе данных, а файлы моделей и связанные с ними ресурсы – в файловом или объектном хранилище.

Обмен данными между клиентом и сервером осуществляется через API в формате *JSON*. На уровне данных BIM-модель рассматривается как совокупность трёх взаимосвязанных представлений: геометрического, необходимого для визуализации; атрибутивного, содержащего свойства элементов; и логического, определяющего связи между объектами, категориями и уровнями модели.

Такое разделение особенно важно для веб-приложения, поскольку позволяет независимо управлять визуализацией, отображением свойств и логикой пользовательского взаимодействия.

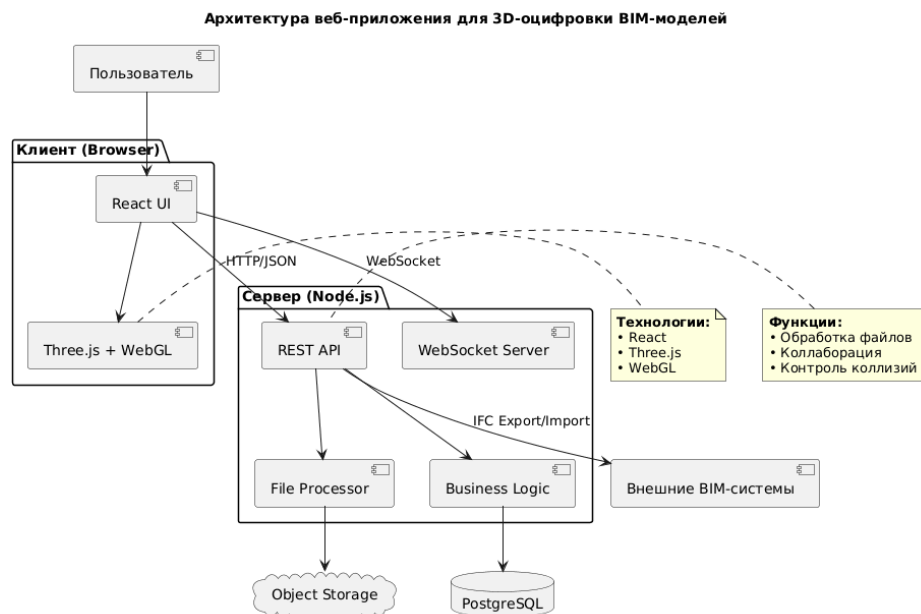


Рис. 1. Архитектура веб-приложения

3.4. Логика создания и редактирования модели

В рамках предлагаемого веб-приложения создание *BIM*-модели рассматривается как управляемый процесс формирования и актуализации проектной информации в цифровой среде. Он может включать создание нового проекта, загрузку исходной модели, добавление описательных данных, формирование пользовательских групп элементов, редактирование свойств объектов и сохранение новых версий модели.

Следует подчеркнуть, что в данной работе акцент делается не на автоматическом геометрическом синтезе модели из внешней документации, а на организации веб-среды, в которой *BIM*-модель может быть создана, загружена, представлена, проанализирована и уточнена средствами браузерного интерфейса.

4. Реализация основных пользовательских сценариев

4.1. Создание проекта и загрузка модели

Работа с системой начинается с экрана создания проекта и загрузки исходных данных. В верхней части формы пользователь выбирает локацию проекта, после чего может загрузить *2D*-план в форматах *JPEG*, *PNG* или *PDF* либо *3D*-модель в формате *IFC*, как показано на Рисунке 2.

Интерфейс поддерживает два способа загрузки файлов: через выбор файла на устройстве и с помощью перетаскивания в область загрузки. После добавления исходных данных пользователь переходит к следующему этапу работы по кнопке «Начать».

Также предусмотрен альтернативный сценарий запуска без загрузки файлов – создание пустой сцены. Такой вариант позволяет начать работу с новым проектом без предварительно подготовленной модели.

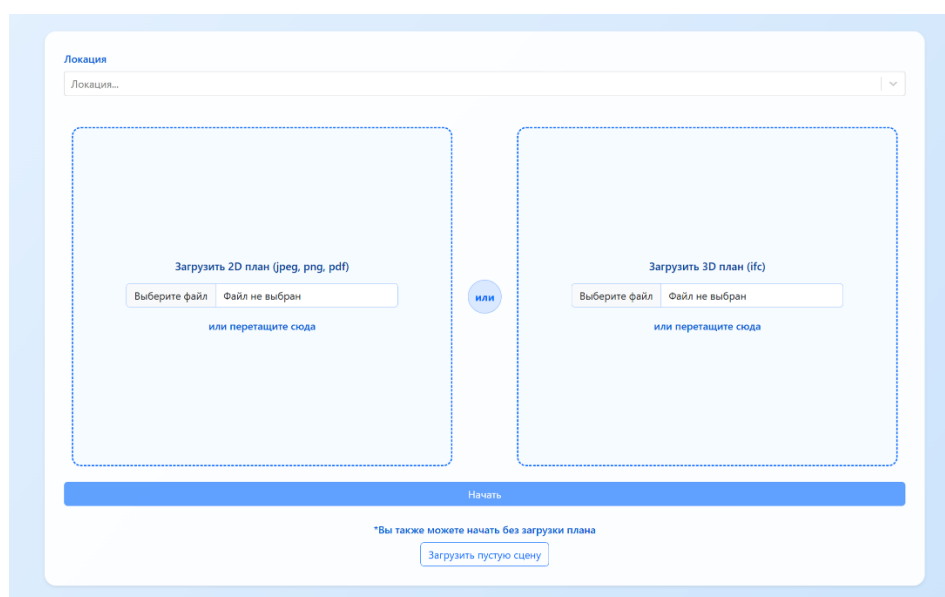


Рис. 2. Начальный экран создания проекта и загрузки исходных данных

4.2. Просмотр и навигация по модели

После загрузки пользователь переходит в окно просмотра *BIM*-модели, пример которого представлен на Рисунке 3. Основную часть интерфейса занимает трёхмерная сцена с координатной сеткой, в которой отображаются элементы модели. Верхняя панель содержит основные команды работы и переключение между режимами *2D* и *3D*.

В данном режиме пользователь может перемещаться по сцене, изменять масштаб и ракурс обзора, а также анализировать пространственное расположение элементов модели. Такой формат представления обеспечивает наглядный просмотр объекта и удобную навигацию.

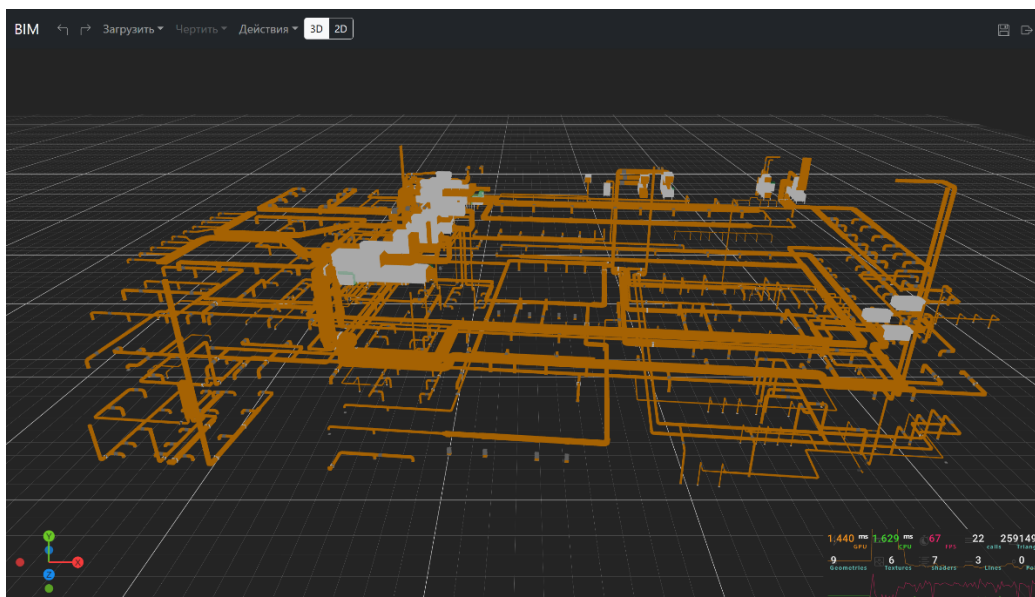


Рис. 3. Окно просмотра и навигации по BIM-модели

4.3. Просмотр и редактирование свойств элементов

После выбора элемента модели пользователю отображается окно с его IFC-свойствами, как показано на Рисунке 4. В правой части интерфейса выводится информация о выбранном объекте, включая его параметры, зависимости, идентификационные данные и характеристики системы.

Такой режим позволяет анализировать атрибутивные данные BIM-модели и связывать выбранный объект в сцене с его информационным описанием. В пределах прототипа редактирование может быть реализовано для отдельных пользовательских параметров и служебных данных элемента.

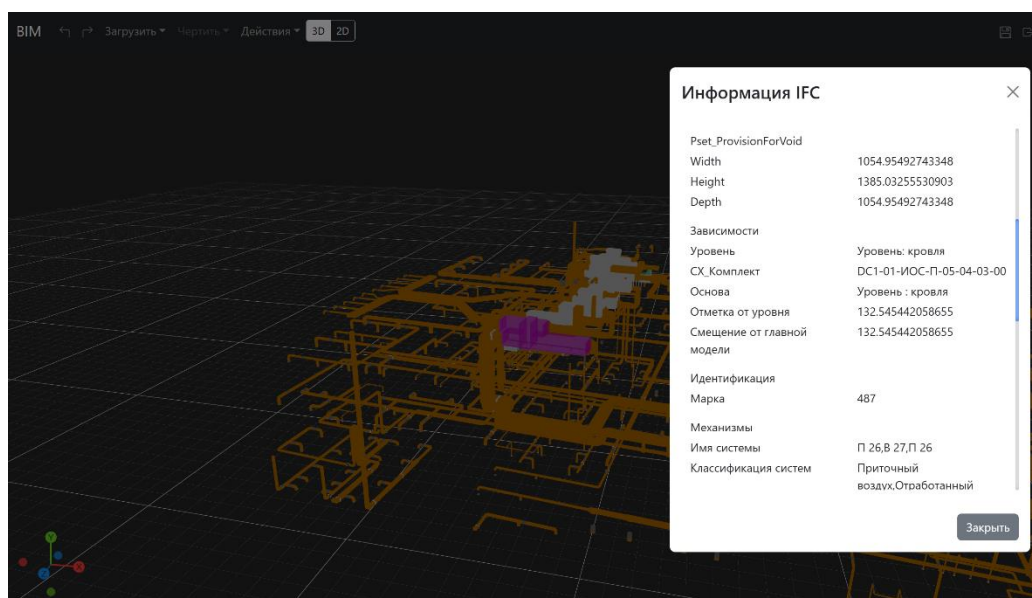


Рис. 4. Просмотр свойств выбранного элемента BIM-модели

4.4. Структурный анализ модели

Для структурного анализа BIM-модели в системе предусмотрен режим просмотра состава объектов IFC, пример которого представлен на Рисунке 5. В отдельном окне отображается иерархия модели с указанием локаций, количества объектов и перечня элементов, относящихся к выбранному разделу.

Такой режим позволяет анализировать состав модели, переходить по структуре *IFC* и выделять группы элементов для последующего просмотра или экспорта. Это упрощает работу с крупными моделями и делает возможным их поэлементный анализ в веб-интерфейсе.

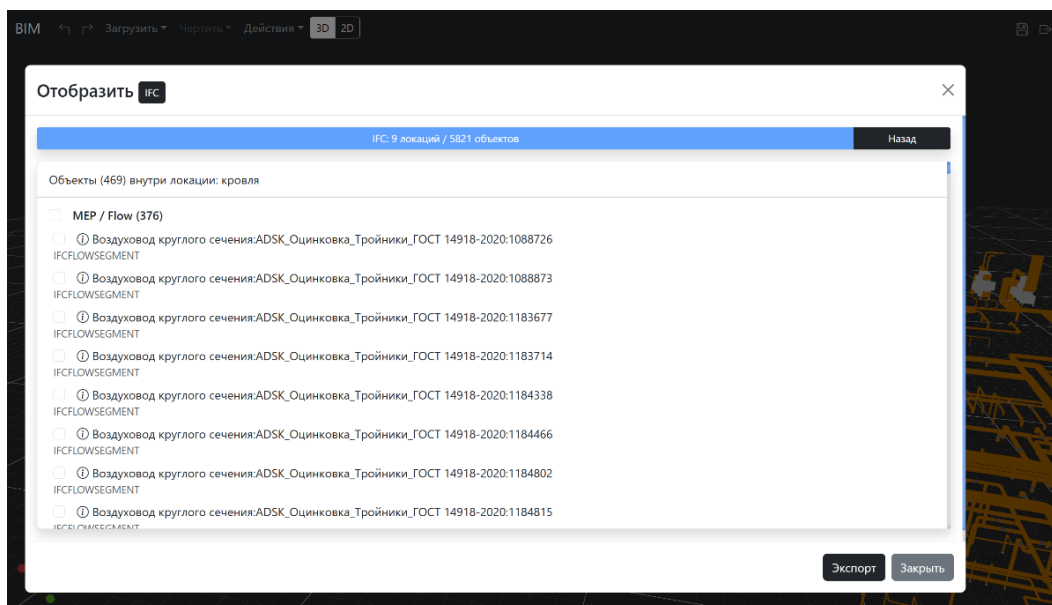


Рис. 5. Окно структурного анализа BIM-модели

4.5. Совместная работа с моделью

При дальнейшем развитии прототипа система может поддерживать совместную работу нескольких пользователей. В этом случае комментарии, замечания и изменения параметров, не затрагивающие исходную геометрию файла, становятся частью общего информационного пространства проекта. Данный сценарий особенно важен для строительной отрасли, где взаимодействие между архитекторами, инженерами, заказчиками и подрядными организациями требует быстрого обмена сведениями о модели.

5. Апробация и тестирование прототипа

Апробация прототипа проводилась на трёх *IFC*-моделях, различающихся по размеру файла, числу локаций и количеству объектов. В качестве основного количественного показателя использовалось время загрузки до перехода в интерактивный режим, то есть до момента, когда пользователь может выполнять навигацию по сцене и взаимодействовать с элементами модели. Время первого отображения сцены в расчёт не включалось, поскольку в проведённых испытаниях оно оставалось практически неизменным. Время загрузки файла на сервер также не учитывалось, так как оно напрямую зависит от скорости интернет-соединения и не характеризует производительность самого веб-приложения.

Испытания проводились на стенде со следующей конфигурацией: операционная система *Windows 11 25H2*, процессор *12th Gen Intel Core i7-12700H* с тактовой частотой 2.30 ГГц, 16 ГБ оперативной памяти, интегрированная графика *Intel Iris Xe Graphics 96EU* с базовой частотой 300 МГц и ускорением до 1400 МГц, браузер *Google Chrome* версии 146.0.7680.165.

В рамках настоящей работы приемлемой считалась скорость загрузки, при которой переход в интерактивный режим выполняется не более чем за 15 секунд в среднем для типовых *IFC*-моделей, используемых при апробации. Данный критерий выбран исходя из того, что после загрузки пользователь должен иметь возможность без длительного ожидания перейти к просмотру сцены, анализу структуры модели и выбору её элементов.

Результаты испытаний приведены в Таблице 2.

Таблица 2. Результаты апробации прототипа

Размер модели, МБ	Количество локаций	Количество объектов	1-й запуск, с	2-й запуск, с	3-й запуск, с	Среднее время, с
72,4	9	5821	15,49	14,90	14,57	14,99
102,5	9	4310	12,43	11,93	11,80	12,05
25,6	38	1555	13,68	11,83	11,64	12,38

Полученные результаты показывают, что среднее время перехода в интерактивный режим для протестированных моделей находится в диапазоне от 12,05 до 14,99 с. Среднее значение по всем девяти запускам составляет 13,14 с. Таким образом, все исследованные модели удовлетворяют принятому нефункциональному требованию по скорости загрузки.

Следует отметить, что время перехода в интерактивный режим определяется не только размером *IFC*-файла, но и особенностями структуры модели, количеством объектов, числом локаций и составом геометрии. Это подтверждается тем, что модель объёмом 102,5 МБ показала меньшее среднее время загрузки, чем модель объёмом 72,4 МБ, а модель меньшего размера 25,6 МБ также потребовала более 12 с для перехода в интерактивный режим. Следовательно, при оценке производительности веб-приложения для работы с *BIM*-моделями необходимо учитывать не только объём исходного файла, но и внутреннюю структуру модели.

В ходе апробации установлено, что для протестированных *IFC*-моделей переход в интерактивный режим выполняется в среднем за 12,05–14,99 секунд, что соответствует принятому критерию приемлемой скорости загрузки и подтверждает работоспособность основных модулей системы. Полученные результаты показывают, что предложенная архитектура обеспечивает корректную загрузку моделей, их отображение в браузере и последующий переход к интерактивной работе с *BIM*-данными.

Заключение

В статье рассмотрено применение веб-технологий для создания и визуализации *BIM*-моделей в строительстве. Проведённый анализ показал, что существующие программные средства в основном ориентированы либо на полнофункциональное десктопное проектирование, либо на просмотр *BIM*-моделей в браузере. При этом задача построения специализированной веб-среды, объединяющей создание, загрузку, визуализацию, анализ и базовое редактирование *BIM*-данных, остаётся актуальной.

В работе предложена архитектура веб-приложения, построенного по клиент-серверному принципу и включающего пользовательский интерфейс на основе *React*, модуль трёхмерной визуализации на базе *Three.js*, серверную часть на *Node.js* и средства работы с *IFC*-моделями семейства *web-ifc*. Описаны основные пользовательские сценарии, связанные с созданием проекта, загрузкой модели, её просмотром, анализом структуры и работой со свойствами элементов.

Основной результат работы состоит в обосновании возможности применения веб-технологий для разработки *BIM*-ориентированных систем, обеспечивающих доступ к модели через браузер, работу с её геометрическим и атрибутивным представлением, а также адаптацию под прикладные процессы строительной организации. Предлагаемый подход может рассматриваться как основа для создания специализированных веб-инструментов, дополняющих существующие *BIM*-системы в задачах создания, просмотра, анализа и сопровождения моделей.

Перспективы дальнейшего развития работы связаны с расширением средств совместного взаимодействия пользователей, развитием механизмов редактирования *BIM*-данных, поддержкой дополнительных форматов и интеграцией веб-приложения с другими цифровыми сервисами строительной отрасли.

Список источников

1. What Is BIM | Building Information Modelling | Autodesk / Autodesk. – Autodesk Inc., 2026. – URL: <https://www.autodesk.com/solutions/aec/bim> (дата обращения: 05.03.2026).

2. Industry Foundation Classes (IFC) – buildingSMART International // buildingSMART International. – buildingSMART, 2026. – URL: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes> (дата обращения: 05.03.2026).
3. Autodesk Revit | BIM software to design and make anything // Autodesk. – Autodesk Inc., 2026. – URL: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview> (дата обращения: 09.03.2026).
4. Graphisoft Archicad | BIM Software for Architects // Graphisoft. – GRAPHISOFT, 2026. – URL: <https://www.graphisoft.com/en-ae/plans-and-products/archicad> (дата обращения: 09.03.2026).
5. Autodesk Viewer | Free Online File Viewer / Autodesk. – Autodesk Inc., 2026. – URL: <https://viewer.autodesk.com/> (дата обращения: 09.03.2026).
6. React. – Meta Platforms, Inc.¹, [2026]. – URL: <https://react.dev> (дата обращения: 15.03.2026).
7. three.js–JavaScript 3D Library. — URL: <https://threejs.org> (дата обращения: 15.03.2026).
8. That Open GitHub models/web-ifc-three: [repository] / Meta AI² // GitHub : [web platform]. – GitHub, Inc., 2026. – URL: <https://github.com/ThatOpen/web-ifc-three> (дата обращения: 15.03.2026).
9. That Open Engine | Web IFC. – URL: https://thatopen.github.io/engine_web-ifc/docs/ (дата обращения: 15.03.2026).
10. Node.js — About Node.js. – OpenJS Foundation, [2026]. – URL: <https://nodejs.org/en/about> (дата обращения: 15.03.2026).

¹ Деятельность Meta Platforms, Inc. на территории РФ запрещена.

² Деятельность Meta Platforms, Inc. на территории РФ запрещена.