

## Информационная система инвентаризации вуза с применением BIM-технологий

**А. Е. Николаев, Е. В. Сахно, А. Д. Филинских, Т. Н. Томчинская**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
Нижний Новгород, Россия

**Аннотация.** В целях упрощения процессов учета, оптимизации эксплуатации и повышения уровня автоматизации управления материально-технической базой университета исследованы вопросы повышения эффективности процессов инвентаризации оборудования, минимизации человеческого фактора и улучшения качества учета данных. Выполнен небольшой обзор разрабатываемых вузами BIM-систем, решающих задачу оптимизации эксплуатации зданий и оборудования – готовых и находящихся в разработке. Представлена информационная система инвентаризации оборудования НГТУ им. Р. Е. Алексеева. Реализованный функционал включает в себя возможность управления данными об оборудовании, его ремонте и заявках на ремонт, а также управления данными о зданиях и помещениях университета, управления пользователями, их правами и предоставления инструментов для планирования ремонта и эксплуатации оборудования.

**Ключевые слова:** BIM-технологии, инвентаризация, вуз, учёт оборудования, цифровой двойник, информационная система.

### Information system of inventory of the University using BIM technologies

**A. E. Nikolaev, E. V. Sakhno, A. D. Filinskikh, T. N. Tomchinskaya**

Nizhny Novgorod State Technical University, n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia

**Abstract.** In order to simplify accounting processes, optimize operation and increase the level of automation of the management of the material and technical base of the university, the issues of increasing the efficiency of equipment inventory processes, minimizing the human factor and improving the quality of data accounting were investigated. A short review of BIM systems developed by universities that solve the problem of optimizing the operation of buildings and equipment – ready and under development – has been performed. The information system of equipment inventory of the R.E. Alekseev NSTU is presented. The implemented functionality includes the ability to manage data about equipment, its repairs and repair requests. It also manages data on university buildings and premises, manages users, their rights, and provides tools for planning equipment repairs and operation.

**Keywords:** BIM technologies, inventory, university, equipment accounting, building management services, information system.

### Введение

В современных условиях цифровизации все большее значение приобретает использование информационных систем для автоматизации процессов управления и инвентаризации [1]. Одной из ключевых задач таких систем является эффективное управление оборудованием, включая его учет, мониторинг состояния и планирование эксплуатации. Это особенно актуально для крупных предприятий и образовательных учреждений, которые, как правило, имеют разветвленную сеть корпусов и помещений [2, 3], большое количество разнообразного учебного оборудования.

Для решения этих задач предназначены BIM-технологии. Под BIM (Building Information Modeling) понимают технологию, представляющую собой процесс коллективного создания и использования данных об объекте на всех этапах его жизненного цикла – от планирования до строительства, эксплуатации и сноса [4]. Большинство общих исследований указывают на BIM как на технологию, которая охватывает все дисциплины и связанную информацию, относящуюся как к разработке проекта, так и к требуемым этапам выполнения, а затем и эксплуатации.

Таким образом, BIM-модель можно представить в качестве центрального хранилища информации о реальной инфраструктуре [5–10]. Применение BIM особенно заметно в объектах строительства. Однако современные требования общества, такие как устойчивое развитие, создали новую тенденцию к внедрению BIM для существующих зданий [5].

Исследования показывают, что многие вузы активно включают в свои образовательные программы изучение BIM-технологий и принимают участие в разработке региональных BIM-проектов. Например, на кафедре информационных технологий Санкт-Петербургского государственного университета

архитектуры и строительства (СПбГАСУ) студенты и преподаватели создают объективно-ориентированные цифровые модели зданий и строительных процессов, включая архитектуру, конструкции и инженерные системы. Результаты включают чертежи, спецификации и анализы коллизий на этапах проектирования и строительства. Разработаны BIM-модели корпусов кампуса [11].

Московский государственный строительный университет (МГСУ) запустил программу «Информационное моделирование в строительстве», где студенты учатся разрабатывать и управлять BIM-моделями объектов и реализовывать проекты информационного моделирования всего жизненного цикла строительного объекта [12].

Студенты Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) и Технического университета Граца приняли участие в совместном проекте и создали 4D-модель здания на основе BIM-модели, выполненной в Revit [13].

В рамках магистратуры «BIM-технологии в проектировании и строительстве» студенты МИСИС участвуют в реальных проектах: например, моделируют тоннели Московского метрополитена, осуществляют 3D-мониторинг систем, создают информационные платформы проекта совместно с промышленными партнёрами [14].

Студенты Инженерной академии Российского университета дружбы народов создают банк данных объектов культурного наследия на базе BIM-технологий [15].

Многие вузы разрабатывают BIM-модели своих учебных заведений и решают конкретные задачи, связанные с управлением учебным процессом и эксплуатацией здания. Например, в рамках выпускных квалификационных работ студентами Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ) выполнены обмерные работы главного корпуса, построена 3D-модель здания в Autodesk Revit и при помощи технологии 3D-печати создан объемный макет главного корпуса УрФУ [16].

Преподавателями и студентами Инженерной академии Российского университета дружбы народов (Сибстрин) разработана информационная модель объектов капитального строительства: главного корпуса НГАСУ и спортивно-оздоровительного корпуса [17].

Ряд российских и зарубежных вузов создает цифровые двойники зданий, использует датчики и интегрирует BIM-модели с FM-системами (Facility Management) и IoT-системами (Internet of Things) для обслуживания инфраструктуры и проведения инвентаризации оборудования.

Так, Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ) активно внедряет цифровые технологии: запущена платформа «Умный кампус», включающая цифровой двойник имущественного комплекса – микрогоща площадью более 850 000 м<sup>2</sup>, с управлением инженерными системами, аналитикой использования и обслуживания зданий. Цифровой двойник помогает отслеживать историю обслуживания, смету и состояние оборудования [18].

В статье [19] авторы из Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КГАСУ) отмечают, что информационное моделирование активно применяется на стадии проектирования и строительства, генерируя большой объем информации об объекте. На этапе эксплуатации эта информация почти не используется, хотя эксплуатационным службам она необходима для принятия эффективных решений.

В работе рассматривается создание цифрового двойника на примере зданий кампуса КГАСУ и предложен метод мониторинга микроклимата в учебных аудиториях.

Студент из Московского государственного политехнического университета (МГПУ) разработал BIM-решение Inwors для эксплуатации зданий, включая учёт и мониторинг состояния оборудования. Проект уже презентовали представителям Минстроя России и мэрии Москвы. Проект является частью Комплексной системы управления техническим обслуживанием (КСУТО), разрабатываемой партнером проекта – компанией КСУТО. Совместно они стремятся полностью оцифровать весь цикл эксплуатации зданий МГПУ – от документооборота до создания цифровых двойников [20].

Студенты магистратуры Новгородского государственного университета (НовГУ) разрабатывают BIM-модели объектов университетского кампуса. Цифровые двойники есть у главного корпуса, университетского общежития. Ведётся кропотливая работа над каждым отдельным помещением с коммуникациями, мебелью и внутренней отделкой. Готовые модели планируется использовать для эксплуатации кампуса [21].

Из зарубежного опыта хочется отметить интересную работу авторов из Политехнического университета Мадрида (Испания) [5]. Разработана система управления на основе информационного моделирования зданий (BIM) для факультета гражданского строительства (ETSICCP) Мадридского политехнического университета с долгосрочной перспективой развития. Создана информационно-управленческая система на основе BIM-модели университетского кампуса. Этот проект разработан для всех участников его функционирования: студентов, преподавателей и руководителей. Система BIM-FM позволяет управлять классными комнатами, спортивными сооружениями, распределением шкафчиков и любой другой информацией о местоположении. Управление включает в себя возможность бронирования мест, составления учебного расписания, считывания температуры и влажности, определения вместимости учебных мест и отображения информации о техническом обслуживании оборудования. Высокая степень детализации модели, включая характеристики распределительной коробки, пропускной способности, кондиционирования воздуха или проектора, подробно описаны для каждого помещения, а официальные документы, прикрепленные к веб-сайту, позволяют преподавателям выбирать оптимальное помещение с учетом значительно большего количества переменных, чем при использовании традиционных методов.

Университет Райерсона и Йоркский университет Канады применяют технологии информационного моделирования для обеспечения безопасной эксплуатации зданий. Метод заключается в интеграции данных из сети датчиков Интернета вещей (IoT) здания с FM-BIM. Такой подход позволяет конечному пользователю выбирать желаемый временной интервал для визуализации и легко просматривать пространственно-временные данные об эксплуатационных характеристиках здания [22].

В технологическом институте Unitec (Новая Зеландия) разработана информационная система, которая интегрирует BIM с FM [23]. Совместное использование этой информации и внедрение системы и ее приложений привело к улучшению рабочего процесса, более эффективному доведению информации об объекте до конечных пользователей, а также значительной экономии средств в нескольких областях. Unitec – это высшее учебное заведение с тремя кампусами в Окленде, где обучается более 23000 студентов каждый год и работает около 800 сотрудников.

Несмотря на то что большое количество предприятий и учебных заведений работает над использованием BIM-систем на этапе эксплуатации, многие авторы отмечают, что, в то время как BIM-модели уже активно применяются на этапах проектирования и строительства, их использование на этапе эксплуатации находится лишь в зачаточном состоянии [5, 23, 24]. К тому же сотрудники отделов эксплуатации, как правило, не владеют навыками работы с BIM-системами.

Для решения задач автоматизации процесса инвентаризации среди отечественных компаний-разработчиков информационных систем наибольшей популярностью пользуются программные приложения на базе платформы 1С отечественного разработчика «Фирма 1С». Продукты данной компании охватывают практически все сферы бизнеса, подлежащие автоматизации. Но высокая стоимость, находящаяся в прямой зависимости от количества пользователей не позволяет предоставить доступ к системе (например, для подачи заявок на ремонт) всем заинтересованным сотрудникам и ограничивает область её внедрения во все административно-хозяйственные подразделения университета. Также программный продукт предъявляет высокие требования к аппаратному обеспечению [25, 26].

Возникает необходимость разработки приложения, позволяющего просматривать, редактировать и дополнять информацию, содержащуюся в BIM-моделях, сотрудникам служб эксплуатации. Приложение должно быть ориентировано на упрощение процессов учета, оптимизация эксплуатации и повышение уровня автоматизации управления материально-технической базой университета.

Потенциальными пользователями системы могут быть как сотрудники административно-хозяйственного отдела университета, так другие категории сотрудников, которым будет предоставлен функционал просмотра информации об оборудовании их подразделений и подачи заявок на его ремонт.

### Постановка задачи

Основная задача инвентаризации в вузах заключается не только учете мебели и компьютеров. Это часть управления активами, эксплуатацией и развитием материально-технической базы [16]. Ключевыми

задачами являются ведение актуального реестра оборудования, контроль физического состояния (исправность); фактическое местоположение; постановка на баланс и списание; техническое обслуживание и формирование заявок на ремонт; контроль сроков поверки. Инвентаризация в BIM – это не просто учет оборудования или помещений по факту. Это ведение точной 3D-модели, где каждый элемент – не просто геометрия, а база данных (атрибуты, серийные номера, паспорт, статус).

Идеальная инвентаризация характеризуется:

- скоростью (минимальное время проведения процедуры, варьирующееся от нескольких часов до нескольких дней в зависимости от количества объектов);
- экономичностью (отсутствие необходимости дополнительных финансовых затрат);
- качеством (получение достоверных и точных данных);
- точностью (соответствие фактических остатков данным учетной системы).

Этот идеальный стандарт является ориентиром для всех организаций, стремящихся к эффективному управлению своими ресурсами. Для решения выявленных проблем требуется разработка информационной системы, способной выполнять следующие функции:

- централизованное хранение и управление данными об оборудовании;
- интеграцию атрибутивных и пространственных данных помещений и оборудования;
- возможность гибкой конфигурации. Система должна легко адаптироваться к возможным изменениям объектов реального мира: строительству новых зданий и модернизации существующих, перепланировке помещений, изменениям структуры подразделений университета, добавлению новых типов зданий, помещений и оборудования;
- возможность добавления собственных наборов параметров у разных типов оборудования, что необходимо для адаптивности системы к оборудованию разных типов;
- возможность генерации уникальных идентификаторов в виде QR-кодов для упрощения идентификации и ускорения доступа к данным;
- генерацию и доставку уведомлений о плановых ремонтах и сроках вывода оборудования из эксплуатации;
- возможность назначения ответственных сотрудников за оборудование для повышения контроля.

### **Приложение инвентаризации «ИНВЕНТ НГТУ»**

Силами студентов и преподавателей Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ) разрабатывается BIM-модель шестого учебного корпуса университета. Корпус состоит из десяти блоков. Построенная цифровая модель представлена в виде архитектурно-строительной части: перегородки, полы потолки, внешние фасады здания, лестничные пролеты, окна и двери. Модель разработана в инструментальной среде Revit и включает инженерные коммуникации, элементы сантехнических приборов, вентиляции, электроосвещения, такие как несколько типов потолочных светильников, вентиляционные решетки, розетки, шкафы для шланга пожаротушения, радиаторы, унитазы, раковины и другие.

В связи с санкционной политикой модель корпуса экспортирована в российский программный продукт Renga (рис. 1).

Разработка трёхмерной BIM-модели корпуса берёт начало в более масштабном проекте BIM-GIS интегрированной системы. Целью проекта BIM-GIS-системы с единой общей базой данных является создание трёхмерной модели всех корпусов университета, которая позволит аккумулировать всю информацию, необходимую руководству университета для эксплуатации зданий или в образовательных целях. Эта BIM-модель поможет руководству университета улучшить академическую жизнь студентов, облегчит учебный процесс преподавателей и интегрирует работу обслуживающего и административного персонала [27].

Для достижения основных целей исследования рассмотрены два основных этапа. Первый связан с моделированием инфраструктуры и разработкой трёхмерной цифровой модели корпуса. Второй задачей было внедрение адекватных инструментов для управления инфраструктурой с использованием BIM-модели здания.

С учетом возможности использования модели сотрудниками университета для проведения процесса инвентаризации оборудования было разработано приложение «ИНВЕНТ НГТУ».

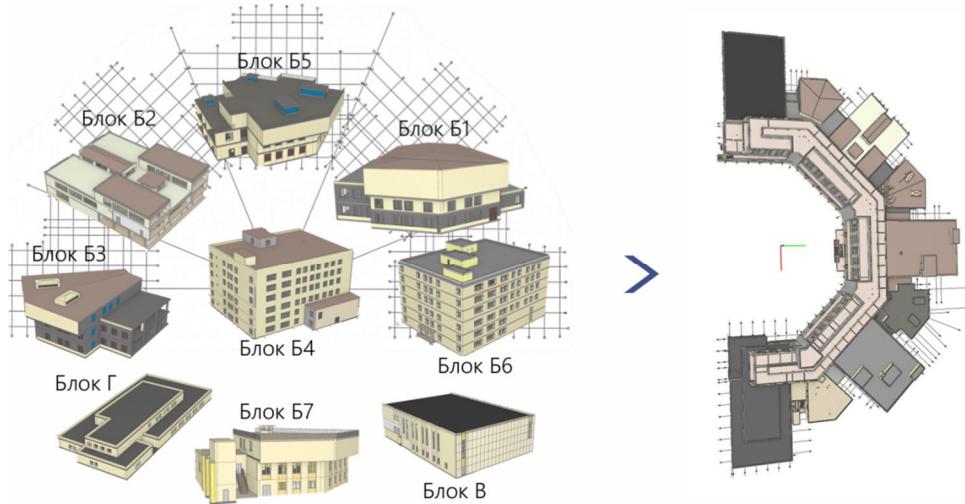


Рисунок 1. ВМ-модель учебного корпуса НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В приложение инвентаризации модель загружена через универсальный строительный формат IFC. В качестве архитектуры системы выбрана клиент-серверная архитектура, так как она лежит в основе большинства современных веб-приложений, включая информационные системы инвентаризации. Этот подход делит приложение на две части: клиентскую (frontend), отвечающую за взаимодействие с пользователем, и серверную (backend), занимающуюся обработкой запросов, управлением бизнес-логикой и взаимодействием с базой данных. Такое разделение обеспечивает высокую гибкость, масштабируемость и удобство сопровождения системы [28].

В контексте системы инвентаризации оборудования клиент-серверная архитектура имеет дополнительные преимущества. Она поддерживает многопользовательскую работу, обеспечивая одновременный доступ сотрудников и администраторов к централизованной базе данных. Гибкость интерфейсов позволяет пользователям работать как через веб-приложение, так и через мобильные платформы. Централизованное хранение данных на сервере упрощает управление большим объемом информации об оборудовании, его параметрах и статусах. Более того, серверная часть может интегрироваться с внешними системами, например бухгалтерскими или аналитическими платформами.

В представленном проекте применяется архитектурный шаблон проектирования Model–View–Controller (MVC), или Модель–Представление–Контроллер, – поход, который разделяет приложение на три основных, независимых друг от друга компонента: Модель (Model), Представление (View) и Контроллер (Controller). Такой подход обеспечивает четкое разделение бизнес-логики, пользовательского интерфейса и обработки данных, что делает разработку, поддержку и масштабирование приложения более удобными [8].

Четкое разделение ответственности – одно из главных преимуществ MVC. Компонент Model отвечает за взаимодействие с данными: их получение, сохранение и обработку. Например, в системе инвентаризации это работа с таблицами оборудования и связями между ними. Компонент View фокусируется на отображении данных пользователю, таких как списки оборудования или формы для редактирования. Controller, в свою очередь, управляет пользовательскими запросами, взаимодействует с Model и возвращает обработанные данные для отображения через View.

Серверная часть системы инвентаризации представляет собой ядро приложения, где сосредоточена вся бизнес-логика, обработка запросов пользователей, поступающих от клиентской части и взаимодействие с базой данных. Она реализована на языке PHP с использованием фреймворка Laravel, что позволило обеспечить надежность, безопасность и удобство разработки. Серверная часть взаимодействует с базой данных PostgreSQL для хранения и извлечения данных, а также предоставляет API-интерфейсы для работы клиентских приложений.

Клиентская часть системы инвентаризации играет ключевую роль в обеспечении удобного взаимодействия пользователей с функционалом приложения. Она отвечает за отображение данных,

управление интерфейсом и обработку пользовательских действий. Для реализации клиентской части выбран подход серверного рендеринга (SSR) на базе шаблонов Blade, встроенных в Laravel, что позволило обеспечить простоту, производительность и удобство работы с интерфейсом.

Серверный рендеринг (SSR) обеспечивает генерацию HTML-страниц на сервере перед их отправкой в браузер пользователя. Такой подход ускоряет время загрузки страницы, так как пользователь сразу получает полностью сформированный HTML-документ.

Стилизация интерфейса выполнена с использованием Tailwind CSS – CSS-фреймворка, который предлагает утилитарный подход к дизайну. Вместо написания кастомных классов или стилей Tailwind предоставляет готовые утилиты, такие как flex, grid, text-center, bg-gray-500, и многие другие, которые задают конкретные стили. Это значительно ускоряет разработку и упрощает поддержку.

Интерфейс системы состоит из нескольких основных элементов, включая страницы управления оборудованием, зданий, помещений и других связанных объектов. Шаблоны Blade используются для построения каждого из этих компонентов, обеспечивая единый стиль и структуру. Компоненты интерфейса разделены на логические блоки, что облегчает их повторное использование и поддержку.

Для создания динамичной и интерактивной пользовательской среды в системе инвентаризации оборудования применяется сочетание технологий серверного рендеринга и JavaScript-компонентов. В данной работе используется как нативный JavaScript, так и JavaScript-фреймворк Vue.js, что дает возможность оптимально распределить функциональные задачи между этими инструментами в зависимости от их сложности и назначения.

При разработке интерактивной 3D-модели здания в системе инвентаризации оборудования использован инструмент – библиотека Three.js, построенная на базе технологии WebGL. Этот выбор обусловлен необходимостью создания визуально комфорtnого и функционального интерфейса для отображения пространственных данных, таких как структура зданий, расположение помещений и размещение оборудования.

Данный Vue-компонент отвечает за рендеринг и интерактивное управление 3D-моделью здания, включая помещения и оборудование. Компонент состоит из нескольких функциональных блоков, обеспечивающих удобный интерфейс и работу с трехмерными объектами.

Компонент поддерживает следующие интерактивные функции:

- выбор режима отображения. Пользователь может переключаться между режимами просмотра (здание, помещение, оборудование) с помощью панели управления. Методы updateLayers и setVisibility отвечают за изменение видимости объектов в зависимости от выбранного режима;
- выбор этажа. Панель управления позволяет фильтровать объекты по этажам. Это делает отображение более удобным для анализа;
- выбор объектов. Пользователь может кликнуть на объект в модели, чтобы получить подробную информацию. Метод onMouseClick определяет, на какой объект кликнул пользователь, и открывает модальное окно с данными.

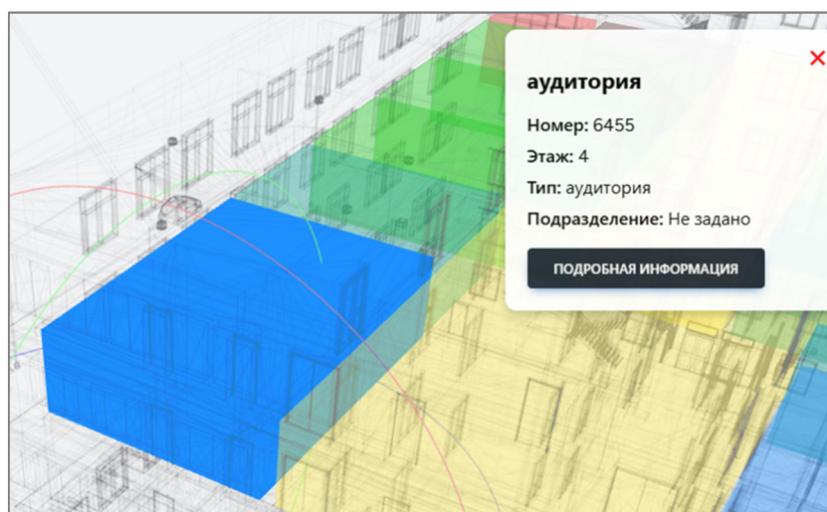


Рисунок 2. Модальное окно с подробной информацией о помещении

Предусмотрено отдельное модальное окно (рис. 2), появляющееся при выборе объекта. Оно отображает структурированную информацию, включая название объекта, его характеристики и ссылку на страницу с подробной информацией. При закрытии окна выделение объекта снимается.

Общий вид разработанного интерфейса в режиме отображения помещений всех этажей представлен на рисунке 3. Различными цветами выделены помещения разных типов.

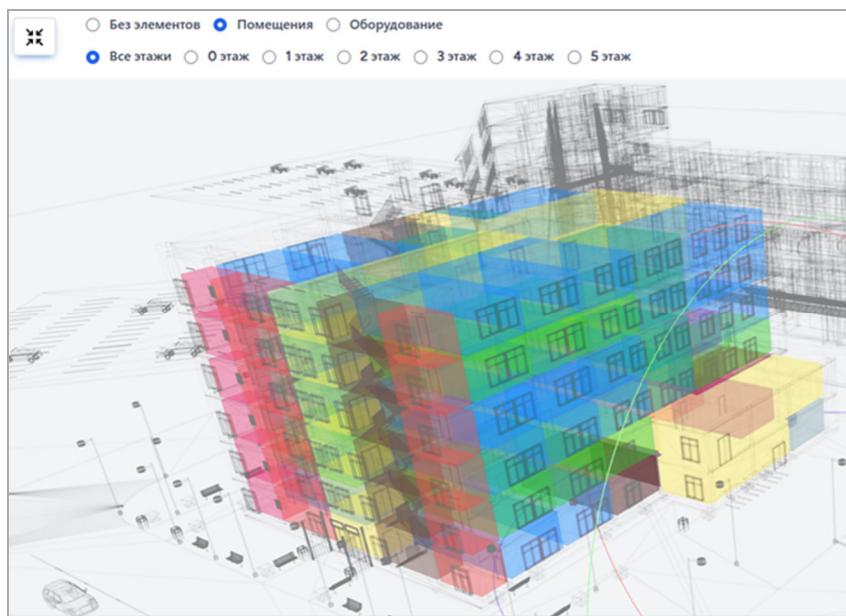


Рисунок 3. 3D-модель блока учебного корпуса в режиме отображения всех помещений

Каждый элемент (помещение, оборудование) на 3D-модели интерактивен, по клику на него открывается модальное окно с краткой информацией о нём и кнопкой «Подробнее», которая ведёт на страницу этого элемента с подробной информацией.

Список всех помещений НГТУ доступен на странице «Помещения». Предусмотрена фильтрация по типу помещений, зданию, этажу, а также поиск по номеру, наименованию и подразделению. На странице помещения доступна общая информация о помещении, об оборудовании в помещении, а также фотографии этого помещения в обычном формате и в формате 360, т. е. панорамные фотографии с углом обзора 360 (рис. 4). Также доступна кнопка «Просмотр 3D-модели».



Рисунок 4. Панорамный снимок учебной аудитории

На странице оборудования (рис. 5) также доступна кнопка «Печать QR-кода», при нажатии на которую QR-код со ссылкой на оборудование добавляется в очередь на печать. Данный документ (рис. 6) можно распечатать и наклеить на соответствующее оборудование. Каждый элемент содержит инвентарный номер и QR-код со ссылкой на страницу оборудования в информационной системе.

Таким образом, при наличии цифрового двойника корпусов и помещений вуза появляется возможность автоматизации размещения оборудования по аудиториям. В модели видно, где что стоит: не нужно бегать с бумажками по аудиториям.

Оборудование: инв. № 190080011693, компьютер

ПРОСМОТР 3D МОДЕЛИ    ПЕЧАТЬ QR-КОДА    РЕДАКТИРОВАТЬ    УДАЛИТЬ

Основные данные

Инвентарный номер:	190080011693
Тип оборудования:	компьютер
Наименование:	компьютер
Описание:	
Месторасположение (здание):	Учебный корпус №6
Этаж:	4
Месторасположение ( помещение):	6449 (компьютерный класс)

Рисунок 5. Страница оборудования (фрагмент)



Рисунок 6. PDF-документ с QR-кодами оборудования

На странице «Оборудование» доступен список ремонтов оборудования НГТУ. Просматривать список всех ремонтов могу лишь только пользователи системы с ролью «Администратор». Пользователям системы с ролью «Пользователь» доступна информация только о ремонтах оборудования их подразделения и дочерних. Предусмотрена фильтрация по типу ремонта, статусу ремонта, а также поиск по описанию ремонта, инвентарному номеру или наименованию оборудования.

Список заявок на ремонт оборудования доступен на странице «Заявки на ремонт оборудования». Просматривать список всех заявок могу только администраторы и системы. Пользователям с ролью «Пользователь» доступна информация только об их заявках. Предусмотрена фильтрация по статусу заявки, а также поиск по номеру или описанию заявки, инвентарному номеру или наименованию оборудования.

Пользователи системы могут создать новую заявку на ремонт оборудования как при помощи кнопки «Создать новую заявку» на странице списка заявок, так и непосредственно на странице неисправного оборудования при помощи кнопки «Создать заявку на ремонт». Во втором случае инвентарный номер оборудования в форме создания заявки заполнится автоматически.

В форме создания заявки пользователи могут выбрать неисправное оборудование, указать краткое и расширенное описание возникшей проблемы. После создания заявки к ней также можно дополнительно приложить фотографии оборудования.

В приложении «ИНВЕНТ НГТУ» предусмотрены две основные роли: администратор и пользователь. У каждой из них есть свои права и ограничения, которые определяют дальнейший доступ к функциональности всей системы.

Роль пользователя позволяет сотрудникам различных подразделений просматривать информацию о самом здании, его помещениях, оборудовании и всех его характеристиках, а также выполнять поиск оборудования по выбранным критериям, печатать QR-коды на него и создавать заявки на ремонт, отслеживать статус их выполнения. По просмотру информации о зданиях и их помещениях у роли «Пользователь» никаких ограничений нет, а вот просмотр оборудования из подразделения, к которому пользователь не принадлежит, будет ему запрещен.

Роль «Администратор» же позволяет сотрудникам, отвечающим за управление системой, управлять всеми данными о зданиях, помещениях и оборудовании. Пользователь с ролью «Администратор» обладает расширенными полномочиями. Ему доступны такие функции, как настройка типов

оборудования, назначение ответственных сотрудников, возможность просмотра 3D-моделей зданий, а также их загрузки. Также таким пользователям открыты возможности добавления новых графических элементов (оборудования и помещений). Администраторы обладают возможностью управления учетными записями всех пользователей. Эта возможность включает в том числе назначение ролей и подтверждение регистрации для аккаунтов сотрудников. Сотрудникам, отвечающим за управление системой, доступны и другие возможности. Например, отслеживание состояния оборудования, в том числе вывод из эксплуатации и плановый ремонт. Также администраторам доступны управление заявками на ремонт, внесение изменений в статус таких заявок и возможность добавлять комментарии.

Кроме того, в системе присутствует роль «Неизвестный», которая присваивается пользователю сразу после процесса регистрации, при котором указывается электронная почта сотрудника. С данной ролью у пользователей нет доступа к системе, за исключением страниц регистрации и авторизации. Для того чтобы у «Неизвестного» появился полноценный доступ, необходимо, чтобы администратор системы изменил роль нового пользователя, подтвердив, что «Неизвестный» на самом деле является сотрудником университета и ему разрешен доступ к информационной системе инвентаризации НГТУ им. Р.Е. Алексеева «ИНВЕНТ НГТУ».

Особое внимание уделялось автоматизации процессов разработки и развертывания. Инфраструктура системы организована с использованием Docker и Docker Compose, что позволило обеспечить идентичность окружений разработки и эксплуатации. Настроенный CI/CD процесс на базе GitLab обеспечил стабильность и оперативность развертывания обновлений.

### **Заключение**

Разработана информационная система инвентаризации оборудования НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Реализованный функционал включает в себя возможность управления данными о зданиях и помещениях университета, данными об оборудовании, его ремонте и заявках на ремонт. Возможность управления пользователями и их правами, а также предоставления инструментов для анализа и планирования ремонта и эксплуатации оборудования.

Одной из ключевых особенностей системы является интеграция данных о помещениях и оборудовании с 3D-моделями зданий. С использованием библиотеки Three.js создано визуальное представление блока учебного корпуса университета, в котором интегрирована атрибутивная и пространственная информация об оборудовании и помещениях. Данный подход позволяет не только эффективно управлять оборудованием, но и визуализировать его распределение в пространстве, что особенно полезно для крупных учреждений с разветвленной инфраструктурой, таких как НГТУ им. Р.Е. Алексеева.

В серверной части системы использовался подход MVC, что позволило реализовать удобную расширяемую архитектуру приложения. Дизайн интерфейса системы создан с учетом адаптации под мобильные устройства, что обеспечило удобство в использовании системы на различных платформах.

Внедрение данной системы в эксплуатацию не только упрощает работу административных и хозяйственных служб, но и способствует более рациональному использованию ресурсов университета. В будущем возможна доработка и расширение системы, включая интеграцию с внешними сервисами и аналитическими платформами. Такой подход позволит университету оставаться на передовых позициях в области использования информационных технологий для управления своей инфраструктурой.

### **Список литературы**

1. Рассел Д. Инвентаризация. VSD, 2012. 662 с.
2. Ирагелова У. А. Инвентаризация основных средств как метод фактического контроля // Инновационная наука. 2020. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/inventarizatsiya-osnovnyh-sredstv-kak-metod-fakticheskogo-kontrolya-1> (дата обращения: 16.07.2025).
3. Вяткин В. В. Повышение качества отслеживания оборудования путем разработки и внедрения информационной системы инвентаризации СГУВТ // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet». 2022. №6. С. 6538–6548.
4. BIM – Building Information Modeling. Информационное моделирование зданий и сооружений // Электронный журнал «Tadviser». Государство. Бизнес. Технологии. 10.05.2010. URL: <https://www.tadviser.ru/a/53184> (дата обращения: 25.07.2025).

5. Pavón R. M., Alvarez A. A., Alberti M.G. BIM-Based Educational and Facility Management of Large University Venues // Applied Sciences. 2020. Vol. 10, iss. 22. Art. 7976. URL: <https://doi.org/10.3390/app10227976>
6. Wang X. The BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors // Australasian Journal of Construction Economics and Building. 2012. Vol 12, iss. 3. Pp. 101–102.
7. Watson A. Digital buildings – Challenges and opportunities // Advanced Engineering Informatics. 2011. Vol. 25, iss. 4. Pp. 573–581.
8. Exploring how information exchanges can be enhanced through Cloud BIM / A. Redmond, A. Hore, M. Alshawi, R. West // Automation in Construction. 2012. Vol. 24. Pp. 175–183.
9. Donath D. Bauaufnahme und Planung im Bestand. Vieweg+Teubner: Wiesbaden, Germany, 2009.
10. Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review, applications, challenges, and recommendations / A. Costin, A. Adibfar, H. Hu, S. S. Chen // Automation in Construction. 2018. Vol. 94. Pp. 257–281.
11. BIM-технологии моделирования зданий. URL: <https://www.spbgasu.ru/university/faculties-and-departments/bim-tehnologii-modelirovaniya-zdaniy/> (дата обращения: 26.07.2025).
12. Информационное моделирование в строительстве. URL: <https://mgsu.ru/postupayushchim/Magistratura/Perechen-realizuemykh-programm/construction/informatsionnoe-modelirovanie-v-stroitelstve> (дата обращения: 26.07.2025).
13. Опыт создания цифровой модели здания в рамках международной образовательной программы на платформе BIM 360 / М. А. Романович, В. Г. Всеволожская, А. Р. Кузьминых и др. // Информационное моделирование в задачах строительства и архитектуры (BIMAC 2024): материалы VII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 15–17 мая 2024 года. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2024. С. 237–245. URL: [https://bim.conf.spbgasu.ru/wp-content/uploads/2024/05/BIMAC\\_2024.pdf](https://bim.conf.spbgasu.ru/wp-content/uploads/2024/05/BIMAC_2024.pdf) (дата обращения: 25.06.2025).
14. BIM-технологии в проектировании и строительстве. URL: <https://misis.ru/applicants/admission/magistracy/faculties/informatikaivtmag/bim-teh/> (дата обращения: 18.07.2025).
15. Халаби С. М., Савельева Л. В., Плотникова О. Г. Внедрение технологий информационного моделирования в инженерно-архитектурное образование // Architecture and Modern Information Technologies. 2017. №3(40). С. 322–331. URL: [http://marhi.ru/AMIT/2017/3kvart17/23\\_khalabi-savelievaplotnikova/index.php](http://marhi.ru/AMIT/2017/3kvart17/23_khalabi-savelievaplotnikova/index.php) (дата обращения: 11.07.2025).
16. Машкин О. В. История успеха внедрения BIM в Институте строительства и архитектуры УрФУ. URL: <https://bim.vc/news/istoriya-uspekha-urfu-platforma-bim-vc-reshet-problemy-vuza> (дата обращения: 20.07.2025).
17. Карелин Д. В., Чмир Ю. Э. ТИМ как инструмент комплексного развития университета // Информационное моделирование в задачах строительства и архитектуры (BIMAC 2024): материалы VII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 15–17 мая 2024 года. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2024. С. 260–265. URL: [https://bim.conf.spbgasu.ru/wp-content/uploads/2024/05/BIMAC\\_2024.pdf](https://bim.conf.spbgasu.ru/wp-content/uploads/2024/05/BIMAC_2024.pdf) (дата обращения: 25.06.2025).
18. Цифровой полигон «Умный кампус». URL: <https://2030.dvfu.ru/czifrovoj-poligon-umnyj-kampus> (дата обращения: 25.06.2025).
19. Степанов И. О., Крайнов Д. В. Применение цифрового двойника на стадии эксплуатации здания // Информационное моделирование в задачах строительства и архитектуры (BIMAC 2024): материалы VII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 15–17 мая 2024 года. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2024. С. 237–245. URL: [https://bim.conf.spbgasu.ru/wp-content/uploads/2024/05/BIMAC\\_2024.pdf](https://bim.conf.spbgasu.ru/wp-content/uploads/2024/05/BIMAC_2024.pdf) (дата обращения: 25.06.2025).
20. Студент Московского Политеха представил инновационное BIM-решение для эксплуатации зданий. URL: <https://mospolytech.ru/news/student-moskovskogo-politekha-predstavil-innovatsionnoe-bim-reshenie-dlya-ekspluatatsii-zdaniy> (дата обращения: 25.06.2025).
21. Цифровой город будущего: уникальную методику эксплуатации зданий и сооружений создают в Новгородском университете. URL: <https://gazon.media/nauka/tekhnicheskie-nauki/tsifrovoy-gorod-buduscheego-unikalnyu-metodiku-ek/> (дата обращения: 25.06.2025).
22. Building Automation System Data Integration with BIM: Data Structure and Supporting Case Study / C. Quinn, A. Z. Shabestari, T. Misic, et al. // Automation in Construction. 2020. Vol. 118. Art. 103257. URL: <https://arxiv.org/abs/2205.05518> (дата обращения: 25.06.2025).
23. Parsanezhad P., Dimyadi J. Effective facility management and operations via a BIM-based integrated information system // Proceedings of CIB W070, W111 & W118 International Conference. 05 2014. URL: [https://www.researchgate.net/publication/262362615\\_Effective\\_Facility\\_Management\\_and\\_Operations\\_via\\_a\\_BIM-based\\_Integrated\\_Information\\_System](https://www.researchgate.net/publication/262362615_Effective_Facility_Management_and_Operations_via_a_BIM-based_Integrated_Information_System) (дата обращения: 27.07.2025).
24. Sodislabs. URL: <https://www.sodislabs.com/ru> (дата обращения: 28.02.2024).
25. Функциональные возможности программного комплекса 1C: BIM 6D // Отраслевые и специализированные решения 1C:Предприятие. URL: <https://solutions.1c.ru/catalog/bim6d/features> (дата обращения: 27.07.2025).
26. 1C:Предприятие 8. Инвентаризация и управление имуществом // Отраслевые и специализированные решения 1C:Предприятие. URL: <https://solutions.1c.ru/catalog/asm/features>
27. Tomchinskaya T., Galanina M. University Management System Based On BIM-GISTechnologies // Proceedings of the 30th International Conference on Computer Graphics and Machine Vision (GraphiCon 2020). Part 2. 2020-12-17 / Journal article. DOI: 10.51130/graphicon-2020-2-4-26
28. Шевченко К. К., Бондаренко Т. В. Клиент-серверная архитектура // Образование. Наука. Производство: материалы XII Международного молодежного форума, Белгород, 01–20 октября 2020 года. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. С. 2046-2049.