

СТАТЬИ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

ИНФРАСТРУКТУРА И ТРАНСПОРТ

СТРОИТЕЛЬСТВО, АРХИТЕКТУРА И ЖИЛИЩНО-
КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Статья поступила в редакцию: 14.07.2026

Статья принята к публикации: 10.08.2026

Статья опубликована: 28.08.2026

УДК 72.025:004.946

DOI: 10.32743/UniTech.2026.149.8.23300

**Виртуальная реальность как интерфейс цифровой информационной
модели объекта культурного наследия**

Жарков Дмитрий Игоревич
студент

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
E-mail: zharkov.di@bim-russia.ru

Короткова Анна Сергеевна
ст. преп. Высшая школа социальных и политических наук, ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский
политехнический университет Петра Великого
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

**Virtual reality as an interface to the digital information model of a cultural
heritage site**

Zharkov Dmitry Igorevich
student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
Russian Federation, Saint Petersburg

Korotkova Anna Sergeevna
senior Lecturer
Higher School of Social and Political Sciences
Institute of Social Sciences Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
Russian Federation, Saint Petersburg

Библиографическое описание: Жарков Д.И., Короткова А.С. Виртуальная реальность как интерфейс цифровой информационной модели объекта культурного наследия // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 8(149). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23300>

Аннотация

Работа с историческим зданием требует одновременного обращения к обмерным чертежам, архивным источникам, результатам обследований и проектным материалам. В HBIM эти сведения связываются с геометрией объекта, но пользователь часто получает их через таблицы свойств, файловые каталоги и отдельные окна. Из-за этого документальный контекст воспринимается отдельно от самого здания. В статье представлены результаты концептуального проектирования архитектуры информационного взаимодействия между средой общих данных, HBIM-моделью и VR-интерфейсом. Объектом исследования является процесс интеграции цифровой информационной модели объекта культурного наследия с виртуальной средой как интерфейсом доступа к данным. Результатом проектирования стала архитектурная схема взаимодействия основных компонентов информационной системы, обеспечивающая двусторонний обмен данными между виртуальной сценой, цифровой моделью и средой общих данных. Новизна предложенного решения заключается в организации двустороннего информационного обмена: замечания, статусы и результаты осмотра, созданные в VR-интерфейсе, возвращаются в HBIM-модель и среду общих данных, что превращает виртуальную реальность из средства визуализации в рабочий инструмент документирования. Предложенная схема включает среду общих данных, HBIM, интеграционный модуль, виртуальный интерфейс и обратную запись результатов. Она предусматривает выбор элементов, обращение к связанным документам, сравнение состояний, фиксацию повреждений и подготовку замечаний. Такой подход может использоваться при обследовании, реставрации, приспособлении и эксплуатации объектов культурного наследия.

Abstract

This paper presents the results of a conceptual design of the information interaction architecture between a common data environment, an HBIM model, and a VR interface. The object of the study is the process of integrating a digital information model of a cultural heritage site with a virtual environment as a data access interface. The result of the design is an architectural scheme of interaction between the main components of the information system, which provides two-way data exchange between the virtual scene, the digital model, and the common data environment. The novelty of the proposed solution lies in the organization of bilateral information exchange: comments, statuses, and inspection results created in the VR interface are returned to the HBIM model and the common data environment, turning virtual reality from a visualization tool into a working documentation tool. The proposed model combines a common data environment, HBIM, an integration module, a virtual interface, and feedback recording. It supports element selection, access to linked documents, comparison of states, damage recording, and preparation of comments. The approach can be applied during surveys, restoration, adaptive reuse, and operation of cultural heritage assets.

Ключевые слова: объект культурного наследия, HBIM, цифровая информационная модель, виртуальная реальность, среда общих данных, реставрация.

Keywords: cultural heritage site, HBIM, digital information model, virtual reality, common data environment, restoration.

Введение

Документирование объекта культурного наследия включает не только геометрию, но и архивные источники, результаты обследований, характеристики материалов и сведения о вмешательствах. Концепция Historic Building Information Modelling (HBIM) первоначально была предложена как способ построения параметрической модели исторического здания по данным лазерного сканирования, фотограмметрии и анализа архитектурных форм [13].

В дальнейшем HBIM стало связующей структурой для геометрии, атрибутов и документов. Интеграция с ГИС, онтологиями и средствами пространственной фиксации расширила область применения моделей до реставрации, мониторинга и эксплуатации [17, 12]. В отечественной практике сохраняются различия в методах моделирования и классификации элементов [2, 3], тогда как версии документов и права доступа целесообразно вести в среде общих данных [8].

Большинство HBIM-систем разделяет пространственную модель, свойства и внешние файлы, что затрудняет работу с документами в контексте конкретного элемента. Виртуальная реальность уже используется для анализа архитектурных решений [4], однако её применение в качестве интерфейса к данным цифровой модели изучено недостаточно. Объектом настоящего исследования является процесс интеграции цифровой информационной модели объекта культурного наследия с виртуальной средой как интерфейсом доступа к данным. Цель исследования — разработать архитектуру информационного взаимодействия между средой общих данных, HBIM-моделью и VR-интерфейсом, обеспечивающую двусторонний обмен данными и позволяющую использовать виртуальную реальность не только для визуализации, но и для документирования состояния объекта. Новизна предложенного решения заключается в организации двустороннего информационного обмена: замечания, статусы и результаты осмотра, зафиксированные в VR, возвращаются в HBIM-модель и среду общих данных. Этим предлагаемый подход отличается от известных решений [14, 9, 16], в которых VR используется преимущественно для визуализации, а обратная запись данных не предусмотрена.

Для достижения цели решались следующие задачи: анализ существующих подходов к интеграции HBIM и VR; определение состава данных, подлежащих передаче между компонентами; разработка архитектурной схемы взаимодействия модулей; описание пользовательских сценариев и требований к реализации.

Материалы и методы

Исследование выполнено как концептуальное проектирование архитектуры информационной системы, объединяющей среду общих данных, HBIM-модель и VR-интерфейс. Методологическую основу составили системный анализ (рассмотрение HBIM, среды общих данных и VR как взаимосвязанных компонентов единой информационной системы) и структурно-функциональное моделирование (определение состава модулей, их функций и информационных потоков между ними).

Исходными данными для проектирования послужили 17 отечественных и зарубежных публикаций по HBIM, цифровой документации наследия, средам общих данных и VR [1–17]. Источники сопоставлялись по составу данных, способам их связи с геометрией и характеру

пользовательского доступа. На основе анализа выявлены ограничения существующих решений (преимущественно односторонний экспорт геометрии, отсутствие обратной записи данных) и сформулированы требования к проектируемой архитектуре.

Затем информационный процесс был разложен на этапы — от хранения исходных материалов до действий в виртуальной сцене и возврата результатов. На основе этого разработана архитектурная схема взаимодействия компонентов, представленная на рис. 1. Схема проверялась на задачах исследователя, реставратора, проектировщика, эксперта и эксплуатирующей организации. Архитектура не привязана к конкретному программному продукту.



Рисунок 1. Архитектура информационного взаимодействия между средой общих данных, HBIM-моделью и VR-интерфейсом (разработано авторами)

Результаты и обсуждения

Архитектура взаимодействия компонентов информационной системы

Разработанная архитектура информационного взаимодействия (рис. 1) включает пять основных компонентов:

1. **Среда общих данных (СОД)** — централизованное хранилище всех документов, связанных с объектом наследия: архивные источники, результаты обследований, обмерные чертежи, фотофиксация, паспорта объектов, акты технического состояния, проектная документация, а также версии HBIM-модели. СОД обеспечивает контроль версий, разграничение прав доступа и хранение метаданных [6].

2. **Цифровая информационная модель (HBIM)** — семантически обогащённая геометрическая модель объекта, в которой каждому элементу присвоен уникальный идентификатор. Модель содержит геометрию, атрибуты (материал, датировка, состояние, исторические периоды) и ссылки на документы из СОД [1, 2].

3. **Интеграционный модуль** — связующее звено между СОД, HBIM и VR-интерфейсом. Он преобразует геометрию из формата IFC в оптимизированную для VR сцену, переносит атрибуты и идентификаторы элементов, сопоставляет документы с элементами модели, а также принимает обратные данные из VR и передаёт их в HBIM и СОД [11].

4. **VR-интерфейс** — виртуальная среда, в которой пользователь может перемещаться по модели, выбирать элементы, просматривать их атрибуты и связанные документы, сравнивать состояния (историческое, фактическое, проектное), фиксировать повреждения и создавать замечания [8, 9, 10].

5. **Обратная запись результатов** — механизм передачи замечаний, статусов и результатов осмотра из VR-интерфейса в интеграционный модуль и далее в HBIM-модель и СОД [12].

Ключевым отличием предложенной архитектуры от известных решений является **двусторонний информационный обмен**. В существующих подходах (см. [9, 14, 16]) VR используется как средство визуализации ранее подготовленной модели: данные передаются из HBIM в VR по одностороннему каналу, а замечания и результаты осмотра пользователь фиксирует вне виртуальной среды (в отдельном ПО, таблицах, текстовых отчётах). Это создаёт разрыв между пространственным восприятием объекта и документированием его состояния.

В предложенной архитектуре, напротив, VR выступает не только как средство визуализации, но и как **интерфейс документирования**. Интеграционный модуль обеспечивает синхронизацию данных: при выборе элемента в виртуальной сцене пользователю доступны его атрибуты и связанные документы из СОД. В свою очередь, замечания, статусы и результаты осмотра, созданные в VR, передаются обратно через интеграционный модуль, фиксируются в HBIM и сохраняются в СОД. Таким образом, виртуальная реальность становится полноценным рабочим интерфейсом, связывающим пространственное наблюдение, документальное основание и управленческое решение [11].

Механизм двустороннего информационного взаимодействия реализуется следующим образом. Прямой канал (СОД → HBIM → VR): документы и атрибуты хранятся в СОД и HBIM; интеграционный модуль по запросу пользователя формирует оптимизированную VR-сцену, сохраняя идентификаторы элементов и ссылки на документы. Обратный канал (VR → HBIM → СОД): пользователь в виртуальной сцене выбирает элемент и создаёт замечание, фиксирует повреждение или изменяет статус элемента; интеграционный модуль принимает эти данные, сопоставляет с соответствующим элементом HBIM-модели и сохраняет изменения в модели и в СОД. Такой механизм обеспечивает целостность данных и позволяет отслеживать историю изменений в едином информационном контуре [10, 11].

Пользовательские сценарии

Набор операций определяется ролью пользователя. В таблице 1 систематизированы основные пользовательские сценарии, их задачи и требуемые функции VR-интерфейса.

Таблица 1.

Пользовательские сценарии и требования к VR-интерфейсу

Роль пользователя	Основные задачи	Требуемые функции VR-интерфейса
Исследователь	Изучение архивных источников, анализ исторической достоверности, сопоставление состояний	Доступ к архивным документам, привязка источников к элементам модели, сравнение состояний, визуализация исторических периодов
Специалист по обследованию	Визуальный осмотр, фиксация повреждений и дефектов, оценка технического состояния	Выбор элементов, фиксация повреждений с привязкой к геометрии, создание замечаний с фото- и текстовой фиксацией, отметка статуса элемента
Реставратор	Анализ материалов, планирование вмешательств, контроль качества реставрации	Просмотр характеристик материалов, сравнение фактического и проектного состояний, визуализация слоёв, отметка этапов реставрации
Проектировщик	Разработка проектных решений, согласование изменений	Сравнение состояний, визуализация проектных предложений, внесение замечаний, проверка коллизий
Эксперт	Проверка соответствия, формирование заключений	Пространственно привязанные замечания, просмотр всей доступной информации по элементу, формирование отчётов
Эксплуатирующая организация	Мониторинг технического состояния, планирование ремонтов	Контроль состояния элементов, просмотр истории изменений, отслеживание статусов, планирование обследований

Как показано в таблице 1, каждая роль требует специфического набора операций. Исследователь обращается к архивным источникам [12], специалист фиксирует повреждения [2], реставратор анализирует материалы [3], проектировщик сравнивает состояния [4], эксперт формирует пространственно привязанные замечания [8], а эксплуатирующая организация контролирует техническое состояние [17]. В шлеме целесообразно показывать краткую карточку элемента, открывая объемные документы отдельно. Размещение панелей и объем информации должны учитывать поле зрения и структуру сцены [5]. Документированное состояние, научная реконструкция и проектное предложение должны различаться визуально и сопровождаться указанием источника и степени обоснованности [1]. Реализация модели требует синхронизации, устойчивых идентификаторов, разграничения доступа и оптимизации геометрии [15]. Ограничениями остаются дефицит специализированных библиотек и отсутствие единых процедур формирования НВИМ для реставрации [7]. Поэтому разработку VR-интерфейса следует начинать с регламентации данных, а не с экспорта модели [6].

Заключение

В результате концептуального проектирования разработана архитектура информационного взаимодействия между средой общих данных, HBIM-моделью и VR-интерфейсом. Предложенная архитектура включает пять компонентов: среда общих данных (хранение документов и версий), HBIM-модель (геометрия, атрибуты и ссылки), интеграционный модуль (преобразование форматов и синхронизация), VR-интерфейс (визуализация, навигация, выбор элементов, просмотр документов, фиксация замечаний) и механизм обратной записи результатов.

Ключевым результатом является организация двустороннего информационного обмена: замечания, статусы и результаты осмотра, созданные в VR, возвращаются в HBIM-модель и среду общих данных, что отличает предложенный подход от известных решений с односторонним экспортом данных [9, 14, 16]. Это превращает виртуальную реальность из средства визуализации в полноценный рабочий интерфейс документирования.

Архитектура применима при обследовании, реставрации, приспособлении и эксплуатации исторических зданий [17, 11]. Следующий этап — создание прототипа на конкретном объекте и оценка полноты передачи атрибутов, удобства профессиональных сценариев и целесообразности выполнения отдельных операций в VR.

Список литературы

1. Бородкин Л.И., Мироненко М.С., Чертополохов В.А., Белоусова М.Д., Хлопиков В.В. Технологии виртуальной и дополненной реальности (VR/AR) в задачах реконструкции исторической городской застройки: на примере московского Страстного монастыря // Историческая информатика. – 2018. – № 3. – С. 76–88. – DOI: 10.7256/2585–7797.2018.3.27549.
2. Вареник К.А. Обзор исследований внедрения технологий информационного моделирования для объектов архитектурного наследия // Вестник Евразийской науки. – 2023. – Т. 15, № 3. – С. 1–20.
3. Кашеварова Г.Г., Сёмина А.Е. Информационное моделирование зданий и классификация архитектурных элементов для объектов культурного наследия // Academia. Архитектура и строительство. – 2022. – № 4. – С. 138–143. – DOI: 10.22337/2077-9038-2022-4-138-143.
4. Короткова А.С. Виртуальная реальность в архитектурной практике // Научный альманах Центрального Черноземья. – 2022. – № 1. – С. 261–266.
5. Лемак С.С., Чертополохов В.А., Кручинина А.П., Белоусова М.Д., Бородкин Л.И., Мироненко М.С. Задачи оптимизации расположения элементов интерфейса в виртуальной реальности (в контексте создания виртуальной реконструкции исторического рельефа Белого города) // Историческая информатика. – 2020. – № 1. – С. 81–93. – DOI: 10.7256/2585–7797.2020.1.32205.
6. Мироненко М.С., Чертополохов В.А., Белоусова М.Д. Технологии виртуальной реальности и решение задачи разработки универсального интерфейса для исторических 3D-реконструкций // Историческая информатика. – 2020. – № 4. – С. 192–205. – DOI: 10.7256/2585–7797.2020.4.34671.

7. Пухаренко Ю.В., Шангина Н.Н., Харитонов А.М., Сизов Д.С. Проблемы и перспективы развития информационного моделирования для реставрации объектов культурного наследия // Academia. Архитектура и строительство. – 2024. – № 3. – С. 171–175. – DOI: 10.22337/2077-9038-2024-3-171-175.
8. Савчиков А.В., Нахимовский А.И., Короткова А.С. Методика управления объектами культурного наследия в среде общих данных // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 5. – С. 55–69. – DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-5-55-69.
9. Banfi F. The Evolution of Interactivity, Immersion and Interoperability in HBIM: Digital Model Uses, VR and AR for Built Cultural Heritage // ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2021. – Т. 10, № 10. – P. 685–703. – DOI: 10.3390/ijgi10100685.
10. Fiorenza J., Rimella N., Calandra D., Osello A., Lamberti F. Enhancing HBIM-to-VR Workflows: Semi-Automatic Generation of Virtual Heritage Experiences Using Enriched IFC Files // Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage. – 2025. – DOI: 10.1016/j.daach.2024.e00391.
11. Khan M.S., Khan M., Bughio M., Talpur B.D., Kim I.S., Seo J. An Integrated HBIM Framework for the Management of Heritage Buildings // Buildings. – 2022. – Т. 12, № 7. – DOI: 10.3390/buildings12070964.-P.
12. Lovell L.J., Davies R.J., Hunt D.V.L. The Application of Historic Building Information Modelling (HBIM) to Cultural Heritage: A Review // Heritage. – 2023. – Т. 6, № 10. – P. 6691–6717. – DOI: 10.3390/heritage6100350.
13. Murphy M. McGovern E., Pavia S. Historic Building Information Modelling (HBIM) // Structural Survey. – 2009. – Т. 27, № 4. – P. 311–327. – DOI: 10.1108/02630800910985108.
14. Osello A., Lucibello G., Morgagni F. HBIM and Virtual Tools: A New Chance to Preserve Architectural Heritage // Buildings. – 2018. – Т. 8, № 1. – DOI: 10.3390/buildings8010012.
15. Panya D.S., Kim T., Choo S. An Interactive Design Change Methodology Using a BIM-Based Virtual Reality and Augmented Reality // Journal of Building Engineering. – 2023. – Т. 68. – DOI: 10.1016/j.jobe.2023.106030.
16. Tini M.A., Forte A., Girelli V.A., Lambertini A., Roggio D.S., Bitelli G., Vittuari L. Scan-to-HBIM-to-VR: An Integrated Approach for the Documentation of an Industrial Archaeology Building // Remote Sensing. – 2024. – Т. 16, № 15. – P. 2859–2885. – DOI: 10.3390/rs16152859.-.
17. Yang X., Grussenmeyer P., Koehl M., Macher H., Murtiyoso A., Landes T. Review of Built Heritage Modelling: Integration of HBIM and Other Information Techniques // Journal of Cultural Heritage. – 2020. – Т. 46. – P. 350–360. – DOI: 10.1016/j.culher.2020.05.008.

References

1. Murphy M. McGovern E., Pavia S. Historic Building Information Modelling (HBIM) // Structural Survey. – 2009. – Т. 27, № 4. – P. 311–327. – DOI: 10.1108/02630800910985108.

2. Yang X., Grussenmeyer P., Koehl M., Macher H., Murtiyoso A., Landes T. Review of Built Heritage Modelling: Integration of HBIM and Other Information Techniques // *Journal of Cultural Heritage*. – 2020. – Т. 46. – P. 350–360. – DOI: 10.1016/j.culher.2020.05.008.
3. Lovell L.J., Davies R.J., Hunt D.V.L. The Application of Historic Building Information Modelling (HBIM) to Cultural Heritage: A Review // *Heritage*. – 2023. – Т. 6, № 10. – P. 6691–6717. – DOI: 10.3390/heritage6100350.
4. Вареник К.А. Обзор исследований внедрения технологий информационного моделирования для объектов архитектурного наследия // *Вестник Евразийской науки*. – 2023. – Т. 15, № 3.
5. Кашеварова Г.Г., Сёмина А.Е. Информационное моделирование зданий и классификация архитектурных элементов для объектов культурного наследия // *Academia. Архитектура и строительство*. – 2022. – № 4. – С. 138–143. – DOI: 10.22337/2077-9038-2022-4-138-143.
6. Savchikov A.V., Nakhimovsky A.I., Korotkova A.S. Methods of managing cultural heritage objects in the environment of general data // *Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*. – 2024. – № 5. – P. 55–69. – DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-5-55-69.
7. Korotkova A.S. Virtual reality in architectural practice // *Scientific Almanac of the Central Chernozem region*. – 2018. – Т. 8, № 1. – P. 261–266. – DOI: 10.3390/buildings8010012.
8. Banfi F. The Evolution of Interactivity, Immersion and Interoperability in HBIM: Digital Model Uses, VR and AR for Built Cultural Heritage // *ISPRS International Journal of Geo-Information*. – 2021. – Т. 10, № 10. – DOI: 10.3390/ijgi10100685.
9. Tini M.A., Forte A., Girelli V.A., Lambertini A., Roggio D.S., Bitelli G., Vittuari L. Scan-to-HBIM-to-VR: An Integrated Approach for the Documentation of an Industrial Archaeology Building // *Remote Sensing*. – 2024. – Т. 16, № 15. – DOI: 10.3390/rs16152859.
10. Fiorenza J., Rimella N., Calandra D., Osello A., Lamberti F. Enhancing HBIM-to-VR Workflows: Semi-Automatic Generation of Virtual Heritage Experiences Using Enriched IFC Files // *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*. – 2025. – DOI: 10.1016/j.daach.2024.e00391.
11. Khan M.S., Khan M., Bughio M., Talpur B.D., Kim I.S., Seo J. An Integrated HBIM Framework for the Management of Heritage Buildings // *Buildings*. – 2022. – Т. 12, № 7. – DOI: 10.3390/buildings12070964.
12. Lemak S.S., Tchertopolokhov V.A., Kruchinina A.P., Belousova M.D., Borodkin L.I., Mironenko M.S. Problems of optimizing the location of interface elements in virtual reality (in the context of creating a virtual reconstruction of the historical relief of the White City) // *Historical Informatics*. – 2020. – № 1. – P. 81–93. – DOI: 10.7256/2585–7797.2020.1.32205.
13. Borodkin L.I., Mironenko M.S., Tistopolokhov V.A., Belousova M.D., Khlopikov V.V. Virtual and augmented reality (VR/AR) technologies in the tasks of reconstruction of historical urban buildings: on the example of the Moscow Strastnoy Monastery // *Historical Informatics*. – 2018. – № 3. – P. 76–88. – DOI: 10.7256/2585–7797.2018.3.27549.

-
14. Panya D.S., Kim T., Choo S. An Interactive Design Change Methodology Using a BIM-Based Virtual Reality and Augmented Reality // Journal of Building Engineering. – 2023. – Т. 68. – DOI: 10.1016/j.jobbe.2023.106030.
 15. Pukharensko Yu.V., Shangina N.N., Kharitonov A.M., Sizov D.S. Problems and prospects for the development of information modeling for the restoration of cultural heritage sites // Academia. Architecture and construction. – 2024. – № 3. – P. 171–175. – DOI: 10.22337/2077-9038-2024-3-171-175.
 16. Mironenko M.S., Tistopolokhov V.A., Belousova M.D. Virtual reality technologies and solving the problem of developing a universal interface for historical 3D reconstructions // Historical Informatics. – 2020. – № 4. – P. 192–205. – DOI: 10.7256/2585–7797.2020.4.34671.