

Academia. Архитектура и строительство, № 3, стр. 171–175.

Academia. Architecture and Construction, no. 3, pp. 171–175.

Исследования и теория

Научная статья

УДК 51-8:72.07

DOI: 10.22337/2077-9038-2024-3-171-175

Проблемы и перспективы развития информационного моделирования для реставрации объектов культурного наследия

Пухаренко Юрий Владимирович (Санкт-Петербург). Доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН. Кафедра технологии строительных материалов и метрологии Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4. СПбГАСУ). Эл. почта: tsik54@yandex.ru

Шангина Нина Николаевна (Санкт-Петербург). Доктор технических наук, профессор. Союз реставраторов Санкт-Петербурга (Россия, 190068, Санкт-Петербург, Морская Б. ул., д. 52. Дом архитектора). Эл. почта: shangina@agiogk.ru

Харитонов Алексей Михайлович (Санкт-Петербург). Доктор технических наук, доцент. Кафедра технологии строительных материалов и метрологии Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4. СПбГАСУ). Эл. почта: peepdv@mail.ru

Сизов Дмитрий Сергеевич (Санкт-Петербург). АЖИО (Россия, 196608, Санкт-Петербург, г. Пушкин, ул. Автомобильная, д. 9, литера Б. АЖИО). Эл. почта: sizov@agiogk.ru

Аннотация. В статье рассмотрено современное состояние процесса внедрения технологий информационного моделирования в практику разработки научно-проектной документации по реставрации и приспособлению памятников архитектуры. Представлены принципы формирования полноценной информационной модели объекта культурного наследия, предложены организационно-методологические подходы и практические решения для повышения эффективности применения цифровых технологий для целей сохранения объектов культурного наследия.

Ключевые слова: технологии информационного моделирования, объекты культурного наследия, реставрация и приспособление

Для цитирования. 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.

Problems and Prospects for the Development of Information Modeling for Restoration of Cultural Heritage Objects

Pukhareno Yuri V. (St. Petersburg). Doctor of Sciences in Technology, Professor, Corresponding Member of RAACS. The Department of Technology of Construction Materials and Metrology of the Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (4, 2 Krasnoarmeiskaya St, Saint Petersburg, 190005, Russia. SPbGASU). E-mail: tsik54@yandex.ru

Shangina Nina N. (St. Petersburg). Doctor of Sciences in Technology, Professor. Union of restorers of St. Petersburg (52, Morskaya B. str., St. Petersburg, 190068, Russia, Architect's House). E-mail: shangina@agiogk.ru

Kharitonov Aleksei M. (St. Petersburg). Doctor of Sciences in Technology, Docent. The Department of Technology of Construction Materials and Metrology of the Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (4, 2 Krasnoarmeiskaya St, Saint Petersburg, 190005, Russia. SPbGASU). E-mail: peepdv@mail.ru

Sizov Dmitrii S. (St. Petersburg). Chief Engineer, LLC "AGIO" (9, Avtomobilnaya str., letter B, Saint Petersburg, 196608, Russia). E-mail: sizov@agiogk.ru

Abstract. The article delves into an analysis of the current state of implementing information modeling technologies in the sphere of creating scientific and project documentation for the restoration and adaptation of architectural monuments. It outlines the principles essential for creating a comprehensive information model of a cultural heritage site, offers organizational and methodological strategies as well as practical interventions aimed at enhancing the efficacy of digital technologies in preservation of cultural heritage.

Keywords: information modeling technologies, cultural heritage objects, restoration and adaptation for the modern use.

For citation. Pukharenko Yu.V., Shangina N.N., Kharitonov A.M., Sizov D.S. Problems and Prospects for the Development of Information Modeling for Restoration of Cultural Heritage Objects. In: *Academia. Architecture and Construction*, 2024, no. 3, pp. 171–175, doi: 10.22337/2077-9038-2024-3-171-175.

В настоящее время в практику проектирования и строительства активно внедряются цифровые технологии, ключевой целью которых является формирование цифрового двойника здания или сооружения, включающего в себя всю имеющуюся информацию об объекте. Данная информация должна быть упорядочена и своевременно актуализироваться в соответствии с решаемыми техническими и управленческими задачами на отдельных стадиях жизненного цикла объекта: при проектировании, на этапе строительства, в ходе последующей эксплуатации, включая, при необходимости, демонтаж [1; 2]. Подобный подход, безусловно, способствует значительному повышению эффективности управления ресурсами и росту комплексной безопасности в строительстве.

Несмотря на пристальное внимание Правительства Российской Федерации к разработке и внедрению технологий информационного моделирования (ТИМ) для объектов капитального строительства, эта работа ещё далека от завершения. Прослеживается явный дисбаланс введённой в действие к текущему моменту нормативно-технической базы и созданного программного обеспечения в части их функционального назначения. Основной упор сделан на управление документацией, а именно – формирование в электронном виде документов и подтверждение их подлинности посредством электронной цифровой подписи (ЭЦП).

В реестре отечественного программного обеспечения на сегодняшний день зарегистрировано 177 продуктов под кодом класса 08.09 [Средства информационного моделирования зданий и сооружений, архитектурно-строительного проектирования (BIM, AEC CAD)]. Анализ перечня программных продуктов показывает, что подавляющее их количество имеет узконаправленный функционал, что с точки зрения ТИМ требует методологического инструментария для их объединения в единую информационную среду для структурирования и управления данными.

Вопросы методологического инструментария для получения информационных архитектурно-конструкторских моделей зданий и сооружений во многом остаются дискуссионными.

Можно выделить два подхода к созданию цифрового двойника строительного объекта. Первый заключается в компиляции специализированным программным комплексом автоматизированного проектирования (например, Autodesk Revit, США) множества файлов различных форматов, представляющих собой архитектурную или инженерную модель конкретного элемента, в ТИМ-среду. Это даёт целостное восприятие разнородной информации об объекте, так как её формирование производится в соответствии с программным кодом единого комплекса.

Ввиду заявлений Autodesk о прекращении работы на отечественном рынке программных продуктов, продолжение развития по первому пути представляется неактуальным до тех пор, пока не будет разработан отечественный комплекс соответствующего функционального уровня.

Второй подход реализует процедуру формирования цифровых моделей, основанную на оперировании информацией из баз данных, составленных текстовыми файлами. Такие программные комплексы, как Renga (ЗАО «Аскон», Россия), позволяют работать с 3D-графикой во взаимосвязи с базами данных. Сложность такого пути связана с объединением в единую среду архитектурных, конструкторских, технологических и организационных решений, полученных с использованием различных программных комплексов. Следует отметить, что результат такого объединения зачастую вызывает нарекания у пользователей ввиду наличия проблем с корректностью отображения разнородной информации. Кроме этого, на сегодняшний день не существует унификации в части формирования моделей для указанных баз данных.

На скорость продвижения цифрового информационного моделирования также оказывает влияние низкая мотивация основной части субъектов строительной отрасли: явную отдачу от внедрения ТИМ получают только крупные девелоперы, которые берут на себя и функции управления недвижимостью. Именно в девелоперских компаниях концентрируется подавляющее количество специалистов в области цифровизации, что создаёт дефицит квалифицированных разработчиков и пользователей ТИМ. Кроме этого, среда ТИМ приобретает специфическую конфигурацию, диктуемую потребностями

девелопера. Остальные участники строительного рынка не вовлечены в процесс формирования принципов построения информационных моделей, так как мало заинтересованы во внедрении ТИМ. Для них это, прежде всего, значительные финансовые затраты на оборудование, программное обеспечение и фонд оплаты труда при неочевидности достигаемого эффекта: основной результат видится в электронном управлении документами по принципам, сформулированным ещё в середине прошлого века для документ-ориентированного подхода.

В этой связи требуется, на наш взгляд, создание координационного центра, в компетенции которого будет регулирование процессов и устранение дисбаланса при разработке ТИМ.

Актуальной проблемой в практике проектирования является недостаточная детализация информации о материалах, изделиях и конструкциях, содержащейся в классификаторах строительных ресурсов (КСИ, КСР ФГИС ЦС¹). В связи с внедрением ресурсного метода ценообразования, для учёта материалов и изделий в создаваемых моделях требуется руководствоваться указанными классификаторами, где строительная продукция систематизирована только по основным признакам. Данное обстоятельство не столь критично в отношении конструктивных материалов, но может стать определяющим в отношении, например, отделочных или изоляционных материалов. При большой вариативности значений технических характеристик однотипной строительной продукции это может привести к существенным несоответствиям выбранных материалов и изделий проектируемым условиям эксплуатации. Цифровой двойник объекта, на наш взгляд, должен учитывать максимально полную техническую и технологическую информацию о применяемой строительной продукции, что позволит исключить ошибки не только в части обеспечения эксплуатационной надёжности элементов и сооружения в целом, но и сформировать корректный план организации строительства.

Особенно актуально информационное моделирование в отношении объектов культурного наследия (ОКН), так как создаёт наиболее благоприятные условия для своевременного принятия комплекса научно обоснованных мер для физического сохранения памятника на всех этапах жизненного цикла. С помощью модели можно обосновать границы вмешательства при работе с предметами охраны, планировать и осуществлять мероприятия по текущему содержанию объекта и реставрации, готовить его к чрезвычайным ситуациям и т.п. Однако можно констатировать, что разработка полноценных ТИМ для реставрации объектов культурного наследия представляет собой ещё более сложную научно-прикладную проблему в сравнении с капитальным строительством. Для создания цифрового двойника памятника архитектуры на первом этапе необходимо проведение комплексных научных исследований, включающих историко-архивные, историко-архитектурные натурные,

инженерно-технические и химико-технологические исследования текущего состояния объекта. Для этого представляется возможным применение различных методов и инструментов для получения количественных и качественных данных, что диктуется разнообразием конструктивных особенностей памятников архитектуры, степенью их износа и, конечно, видом получаемой информации. Важно обеспечить унификацию принципов создания информационных моделей для различных данных и способов их получения. Следует отметить, что часть информации останется недоступной ввиду ограниченности ресурсов, выделяемых на исследования. Поэтому создаваемые модели будут, как правило, дополняться и корректироваться по ходу выполнения реставрационных работ [3; 4].

Дополнительную сложность в случае реставрации ОКН представляет вопрос точности геометрических обмеров. До начала работ по формированию модели должны быть определены допустимые отклонения геометрических и физических параметров элементов от действительных значений. При этом допуски могут быть неоднородны по величине для однотипных параметров различных элементов.

В реставрации используются технологии (материалы, изделия и приёмы работ), не характерные для капитального строительства. Но эти технологии соседствуют на ОКН с общестроительными способами ведения работ из-за дифференциации элементов зданий и сооружений на исторические или поздние, охраняемые или не относящиеся к предметам охраны. Ввиду этого модель объекта должна предусматривать увязку применяемых технологий с допускаемой степенью вмешательства. При этом выбор реставрационных материалов и изделий в этом случае является ключевым и должен быть максимально конкретизирован в соответствии с ключевыми параметрами, определяющими сохранность ОКН.

Таким образом, для успешного развития технологий информационного моделирования применительно к ОКН требуется разработка общей методологии построения моделей, включающей следующие основные стадии.

1. Определение перечня участников проекта и закрепление юридического статуса как участников, так и объекта проектирования.
2. Формирование программы исследований и среды разработки ТИМ (инструментария).
3. Проведение исследований и обработка результатов в соответствии с унифицированным видом представления данных в модели с использованием открытых форматов.
4. Создание укрепленной концептуальной модели, включающей визуальную проработку объекта и отражающей подходы к планируемым вмешательствам, а также определяющей основные технико-экономические показатели объекта после реставрации и приспособления.
5. Формирование детализированной модели в соответствии с утверждёнными концептуальными параметрами. Модель должна включать комплекс архитектурно-строительных решений, системы инженерно-технологического обеспечения,

¹ КСИ – Классификатор строительной информации; КСР ФГИС ЦС – Классификатор строительных ресурсов Федеральной государственной информационной системы ценообразования в строительстве.

взаимувязанных с заданными границами и степенью вмешательства, а также технологическими принципами данного вмешательства (приёмы выполнения работ и используемые материалы). В создаваемой модели материалы и изделия должны быть представлены с возможностью визуализации, содержать физико-механические характеристики для проведения необходимых расчётов конструкций, а также сопровождаться технологической картой их применения.

6. Формирование технико-экономических параметров процесса реставрации и приспособления (ведомость объёмов работ, сметная документация, элементы проекта организации строительства).

7. Доработка модели в процессе выполнения реставрационных работ и отражение исполнительных данных.

8. Формирование эксплуатационной стадии модели для обеспечения требуемых параметров текущего содержания.

Как было указано выше, в модели должны взаимодействовать разнородные данные, и использование для этого возможностей ПК Renga представляется наиболее перспективным в сочетании с возможностями «искусственного интеллекта» (ИИ) в части принятия решений по результатам обработки сформированных массивов информации. Применение технологий ИИ позволит оперировать базами данных дискретных моделей с возможностью автоматизации процесса выбора, например, обоснованных архитектурных и технологических решений [5; 6]. Это имеет особенное значение в условиях необходимости быстрой корректировки модели согласно данным, выявляемым по мере выполнения реставрационных работ.

Очевидны преимущества ИИ для поиска среди массивов оцифрованного исторического графического и текстового материала необходимой информации об исследуемом объекте, а также для систематизации данных, относящихся к авторам проекта, периоду и району строительства. Это необходимо для обоснования степени вмешательства, а также принятия решений о воссоздании утраченных элементов.

Как уже отмечалось ранее, сложность создания информационных моделей объектов культурного наследия, в отличие от объектов капитального строительства, заключается в большой вариативности и высокой степени детализации разнородной информации. В этой связи особо следует выделить технологическую информацию, так как для отдельных элементов ОКН различия могут быть не только в системе применяемых реставрационных материалов, но и в способах их использования.

В этой связи показательным случаем является реставрация фасадов, в отделке которых использованы декоративные (каменные) штукатурки. Помимо того, что по цвету матрицы и виду используемых декоративных заполнителей существует множество вариантов, также необходимо учитывать способ офактуривания поверхности. Это существенные детали для принятия технологических решений в рамках реставрационного проектирования, которые невозможно учесть, основываясь на тех способах представления информации о материалах и технологиях, которые сформированы для моделирования объектов капитального

строительства. Поэтому требуется разработка особых цифровых материаловедческих баз данных для целей реставрации, оперируя которыми (в перспективе с помощью ИИ) можно разработать в информационной модели технологические решения, учитывающие особенности предметов охраны и степень вмешательства.

Для иллюстрации принципов формирования таких баз данных, используемых для обоснования технологических решений, разработаны модели декоративных каменных (терразитовых) штукатурок различных составов. Сформирована коллекция штукатурок, подобранных за двадцатипятилетний период для более пятисот объектов. Так как некоторые составы визуально очень близки, в базу данных внесён 221 вариант [7] представляющих фактически весь спектр встречающихся на практике составов. Можно утверждать, что в подавляющем количестве случаев этой базы достаточно для выбора реставрационного материала, соответствующего историческому образцу. Вместе с тем база может, конечно, дополняться. На рисунке 1 представлены примеры внешнего вида терразитовых штукатурок, демонстрирующие их разнообразие.

Важной особенностью является то, что один и тот же состав имеет различный внешний вид в зависимости от способа обработки поверхности нанесённого материала, что также должно быть учтено в модели. На рисунке 2 продемонстрированы варианты внешнего вида одного из составов из базы терразитовых штукатурок при обработке воздушно-абразивным способом, бучардой и кордщёткой.

Помимо вариантов внешнего вида в модели материала представлены данные о его плотности, прочности, теплопроводности и паропроницаемости, а также имеется информация обо всей системе материалов, включённых в технологию реставрации терразитовой отделки. Следует отметить, что также возможны различия в технологии реставрации, связанные со степенью вмешательства: восполнение мелких утрат, воссоздание накрывочного слоя, полное воссоздание отделки.

При учёте в информационной модели данных об историческом материале и степени вмешательства «искусственный интеллект» позволит выбрать необходимую систему реставрационных материалов и технологическую карту для их на-



Рис. 1. Примеры вариантов терразитовой штукатурки



Рис. 2. Внешний вид терразитовой штукатурки при её обработке различным способом

несения, а также получить наиболее корректную информацию об общей стоимости требующихся ресурсов.

Таким образом, разработка полноценной методологии построения информационных моделей ОКН предполагает наличие многочисленных научно-практических задач, которые не смогут решить субъекты отрасли без координации и научного сопровождения. В этой связи, на наш взгляд, требуется закрепление за ведущими научными и проектными организациями архитектурно-строительной и реставрационной сферы, а также организациями, разрабатывающими программное обеспечение, конкретных направлений применения ТИМ в реставрации для проработки под общей координацией органов охраны объектов культурного наследия.

Список источников

1. Талапов, В.В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий / В.В. Талапов. – Москва : ДМК-Пресс, 2015. – 410 с. – Текст : непосредственный.
2. Захарова, Г.Б. Применение BIM в реставрации объектов культурного наследия / Г.Б. Захарова. – Текст : непосредственный // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : Материалы II Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, Санкт-Петербург, 15–17 мая 2019. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. – С. 112–118.
3. Майничева, А.Ю. Информационное моделирование зданий и сооружений: «умные памятники деревянного зодчества» / А.Ю. Майничева, В.В. Талапов. – Текст : электронный // Вестник Томского государственного университета. История. – 2020. – № 65. – С. 135–140. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_43076542_39970376.pdf (дата обращения 25.04.2024).
4. Брайан, П. BIM для культурного наследия: Разработка информационной модели исторического здания (русское издание) / П. Брайан, С. Антонопулу. – [б. м.] : Издательские решения, 2019. – 106 с. – Текст : непосредственный.
5. Искусственный интеллект в современном мире / С.П. Турбин, Н.В. Картечина, Д.А. Шевякова, А.П. Турбина. – Текст : непосредственный // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции. – Мичуринск-наукоград РФ : Мичуринский государственный аграрный университет, 2021. – С. 226–228.
6. Черкашин, В.В. Применение систем искусственного интеллекта в параметрической архитектуре / В.В. Черкашин // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве : Материалы научно-практической конференции с международным участием, Екатеринбург, 05–06 ноября 2020 года. – Екатеринбург: Уральский государственный архитектурно-художественный университет, 2020. – С. 21.
7. Терразитовые и каменные декоративные материалы // Рунит : официальный сайт ГК «АЖИО». – URL: <https://www.agiogk.ru/catalog/terrazitovye-i-kamennye/> (дата обращения: 25.04.2024). – Текст : электронный.

References

1. Talapov, V.V. Tekhnologiya BIM. Sut' i osobennosti vnedreniya informatsionnogo modelirovaniya zdaniy [BIM Technology. The Essence and Features of Implementation of Building Information Modeling]. Moscow, DMK-Press, 2015, 410 p. (In Russ.)
2. Zakharova G.B. Primenenie BIM v restavratsii ob"ektov kul'turnogo naslediya [Application of BIM in Restoration of Cultural Heritage Objects]. In: *BIM-modelirovanie v zadachakh stroitel'stva i arkhitektury* [BIM Modeling in Construction and Architecture Problems], Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. St. Petersburg, St. Petersburg, May 15–17, 2019. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2019, pp. 112–118. (In Russ., abstr. in Engl.)
3. Mainicheva A.Yu., Talapov V.V. Informatsionnoe modelirovanie zdaniy i sooruzhenii: «umnye pamyatniki derevyannogo zodchestva» [Information Modeling of Buildings and Structures: “Smart Monuments of Wooden Architecture”]. In: *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Istoriya* [Tomsk State University Journal of History], 2020, no. 65, pp. 135–140. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_43076542_39970376.pdf (Accessed 04/25/2024) (In Russ., abstr. in Engl.)
4. Braian P., Antonopulu S. BIM dlya kul'turnogo naslediya: Razrabotka informatsionnoi modeli istoricheskogo zdaniya [BIM for Cultural Heritage: Developing an Information Model of a Historic Building], (Russian edition). Izdatel'skie resheniya Publ., 2019, 106 p. (In Russ.)
5. Turbin S.P., Kartechina N.V., Shevyakova D.A., Turbina A.P. Iskusstvennyi intellekt v sovremennom mire [Artificial Intelligence in the Modern World]. In: *Inzhenernoe obespechenie innovatsionnykh tekhnologii v APK* [Engineering Support for Innovative Technologies in the Agro-Industrial Complex], Proceedings of the International scientific and practical conference. Michurinsk-Science City of the Russian Federation, Michurinskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet [Michurinsk State Agrarian University] Publ., 2021, pp. 226–228. (In Russ., abstr. in Engl.)
6. Cherkashin V.V. Primenenie sistem iskusstvennogo intellekta v parametriceskoi arkhitekture [Application of artificial intelligence systems in parametric architecture]. In: *Novye informatsionnye tekhnologii v arkhitekture i stroitel'stve* [New Information Technologies in Architecture and Construction], Materials of the scientific and practical conference with international participation, Ekaterinburg, November 5–6, 2020. Ekaterinburg, USUAA Publ., 2020, p. 21. (In Russ.)
7. Terrazitovye i kamennye dekorativnye materialy [Terrazzo and stone decorative materials]. Runit, official website of the AZHIO Group of Companies. URL: <https://www.agiogk.ru/catalog/terrazitovye-i-kamennye/> (Accessed 04/25/2024) (In Russ.)