

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2023, Том 15, № 3 / 2023, Vol. 15, Iss. 3 <https://esj.today/issue-3-2023.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/69SAVN323.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Вареник, К. А. Обзор исследований внедрения технологий информационного моделирования для объектов архитектурного наследия / К. А. Вареник // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 3. — URL: <https://esj.today/PDF/69SAVN323.pdf>

**For citation:**

Varenik K.A. Review of research on the introduction of information modeling technologies for architectural heritage objects. *The Eurasian Scientific Journal*. 2023; 15(3): 69SAVN323. Available at: <https://esj.today/PDF/69SAVN323.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

**Вареник Кирилл Александрович**

ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», Великий Новгород, Россия  
Доцент

Кандидат технических наук

E-mail: [vkirillv89@mail.ru](mailto:vkirillv89@mail.ru)

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=721765](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=721765)

## Обзор исследований внедрения технологий информационного моделирования для объектов архитектурного наследия

**Аннотация.** Целью исследований автора является анализ существующей ситуации по внедрению технологий информационного моделирования при изучении и сохранении объектов архитектурного наследия. В статье представлен обзор отечественных и зарубежных работ по данной тематике, представлены примеры эффективного опыта внедрения в сфере культурного наследия. В результате проведенного анализа было установлено, что моделирование в данной области осуществляется несколькими способами с использованием различных подходов и программных комплексов. Эти различия могут быть сгруппированы по назначению, степени автоматизации и степени сегментации. Полученные результаты будут использованы автором статьи для создания собственной методики, которая позволит создавать цифровые трехмерные паспорта объектов архитектурного наследия с внесением в них всей необходимой информации для реставраторов, музейных работников и археологов.

**Ключевые слова:** цифровая информационная модель; объект архитектурного наследия; цифровая модель; реставрация; параметрическое моделирование; программный комплекс; лазерное сканирование

### Введение

Во всем мире идет стремительное развитие цифровых гуманитарных наук (Digital Humanities). Наряду с традиционными методами гуманитарных исследований в области истории, археологии, архитектуры, все более активно используются высокотехнологичное оборудование и специализированные программные комплексы, позволяющие обрабатывать, систематизировать и анализировать большие объемы информации, а также моделировать различные объекты и процессы.

Одним из передовых научно-технологических направлений, базирующихся на цифровых технологиях, является информационное моделирование в строительстве (BIM). Преимущества технологий информационного моделирования на данный момент очень хорошо известны для сферы строительства, архитектуры, инженерии и эксплуатации. Во многих странах на протяжении последних лет BIM присутствует не только в дорожных картах и нормативных документах, но и в законодательной базе. В большинстве случаев объектами использования таких технологий являются промышленные, общественные и жилые здания, дороги и элементы инфраструктуры, под них создаются библиотеки и инструменты платформ BIM.

Что касается BIM-моделирования применительно к объектам архитектурного наследия, то масштабного внедрения на данный момент нет. Варианты и случаи использования рассматриваются индивидуально и в частном порядке. Причиной служит, как правило, разнообразие проектов для таких объектов: консервация, реставрация, реконструкция, ремонт, обслуживание, управление, экспертиза технического состояния, исследовательская и экскурсионная деятельность и т. д.

Кроме того, решение практических задач, возникающих при реставрации и сохранении культурно-исторического наследия выявило некоторые ограничения BIM-платформ, такие как отсутствие специализированных библиотек параметрических объектов и отсутствие удобных инструментов для моделирования сложных, неправильной формы элементов по облакам точек — результатам проведения лазерного сканирования [1; 2].

Однако в последнее время в зарубежных странах появилась концепция комплексного моделирования «Heritage Building Information Modelling» (HBIM), обозначающая отдельную новую область исследований, которая позволяет понимать, документировать, транслировать и виртуально реконструировать архитектурное наследие [3].

Структурированная цифровая трехмерная модель в составе процесса эксплуатации и сохранения наследия является важной необходимостью в наши дни. Более того, такая модель может быть преобразована в важнейшую систему отсчета для понимания и мониторинга документации, создавая таким образом источник данных (графику и семантику), который будет подходить для помощи в проектах консервации, реставрации и реконструкции.

### Обзор зарубежных исследований

Применение BIM-технологий в области архитектурного наследия больше всего интегрировано в Великобритании. Это во многом вызвано требованиями к применению информационного моделирования в строительстве, которые разработало британское правительство. На данный момент наблюдается большой интерес к BIM в научных и профессиональных кругах практикующих специалистов в сфере реставрации, археологии и музейной деятельности. Опыт успешного применения технологий информационного моделирования в данной сфере подтвержден целым рядом исследований и публикаций. В 2013 году правительством Великобритании был издан документ под названием «Строительство 2025», куда в качестве успешных кейсов был включен проект консервации Манчестерской ратуши с применением BIM-технологий. Кроме того, данные процессы интегрированы в деятельность благотворительной организации «Английское наследие».

Одной из самых значимых работ, обобщающей проводимые исследования в Великобритании, является монография Пола Брайана и Софии Антонопулу [4]. В издании описываются процессы, связанные с созданием информационных моделей исторических объектов, сбор данных для BIM, подходы к моделированию, управление данными модели объекта, а также разработка стандартов и стратегий.

В работе авторов на конкретных практических примерах показано, что проекты по сохранению историко-архитектурных объектов с использованием BIM могут быть успешны на этапе капитальных и текущих расходов, для исследовательских работ, проведения обследований, а также образовательных программ с трансляцией виртуальных 3D-туров. Это позволяет добиваться экономии времени и денежных средств при различных процессах, проводимых на протяжении всего жизненного цикла объектов архитектурного наследия.

Среди главных работ, приведенных в этом издании в качестве примеров применения BIM-технологий и лазерного сканирования: железнодорожная станция Уэйверли в Эдинбурге, особняк Вудсит Холл в Рочестере, Восточный клуб в Лондоне, бывшее почтовое отделение в Данди, музей естественной истории в Лондоне, имперский военный музей в Ламберте.

Еще одной важной работой, посвященной данной тематике, является книга британских и египетских исследователей в области NBIM, представляющая критический анализ текущих разработок и исследований [5]. В издании представлены подходы к сбору данных и моделированию с использованием лазерного сканирования, фотограмметрии и других средств для моделирования, визуализации и сохранения наследия. Авторами рассматривается как общественность, местные сообщества и другие заинтересованные стороны могут более широко вовлекаться в совместную оценку архитектурного наследия и управления им. В работе также описываются процессы информационного моделирования зданий наследия, тестирование и изучение результатов, а также проводится определение устойчивости ресурсов, необходимых для реализации.

Авторы указывают, что опубликованные прототипы BIM, ориентированные на архитектурное наследие, во многих вещах противоречат подходам, применяемым для новых объектов капитального строительства. И на данный момент существует мало исследовательской литературы, в которой рассматриваются эти отличия. Поэтому утверждается, что это область, достойна тщательного изучения.

Наиболее полное обобщение зарубежных работ, посвященных данной тематике, приведено в исследованиях испанских авторов из университета Вальядолида [6]. Данное издание представляет собой всеобъемлющий обзор, включающий 131 публикацию по внедрению BIM в сфере объектов культурного наследия. Целью обзора авторов является анализ и обобщение концептуальных основ NBIM для дальнейшей реализации в реконструкции, ведения документации, управления или сопровождения объектов мирового архитектурного наследия. Результаты исследований дают понимание возможностей и трудностей в использовании наиболее известных методологий при параметрическом моделировании объектов культурного наследия.

В отдельную главу выделен обзор сбора и обработки данных для моделирования. Описаны два наиболее эффективных в настоящее время метода: фотограмметрия и наземное лазерное сканирование. Для дальнейшего моделирования по облаку точек на основе исследований Ребекки Волк [7] рассмотрены полуавтоматический и автоматический методы. Далее проанализированы самые популярные программные BIM-платформы. Отдельно выделены программы для моделирования, просмотра и анализа.

Кроме непосредственно моделирования, по мнению авторов, в концепцию NBIM входит специальная библиотека параметрических BIM объектов, которая создается с использованием рукописей и исторической архитектурной документации, лазерного сканирования, фотограмметрических методов и других данных, полученных в результате натурного анализа рассматриваемого здания или сооружения [8]. Таким образом, компоненты этой библиотеки обеспечивают лучшее чтение исследуемых объектов, а также могут быть использованы для разработки технической документации (планы этажей, виды, фасады, разрезы, конструктивные

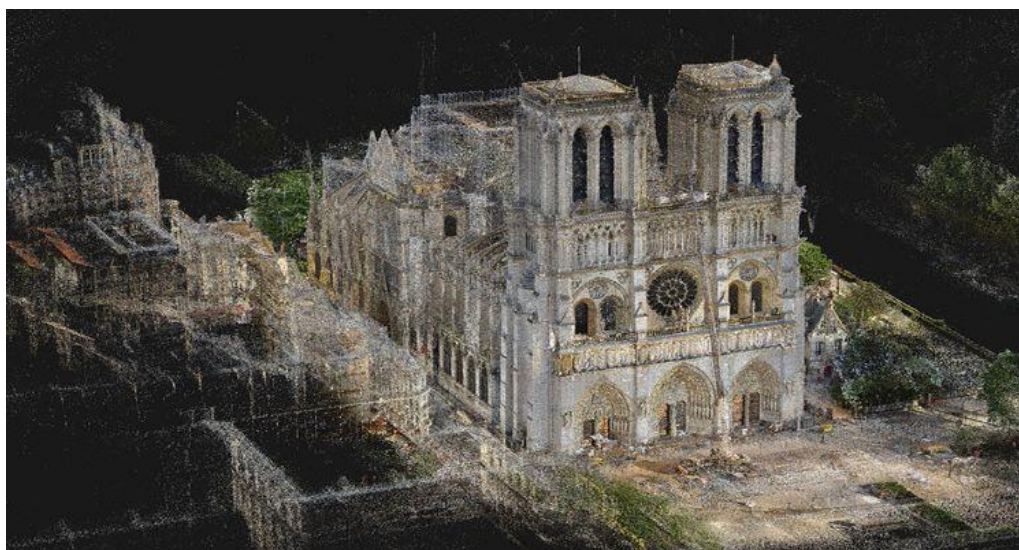
элементы и т. д.) и виртуальных 3D-туров в полуавтоматическом способе [9; 10]. Кроме того, считается, что параметрические объекты, принадлежащие к библиотеке NBIM, позволят осуществлять быстрые преобразования и изменения формы. Такими методами может достигаться генерация 3D-виртуальных моделей для любого проекта с похожими характеристиками и архитектурным стилем, предоставляя инструмент к решению задач реверс-инжинирингового моделирования.

В выводах по своим исследованиям авторы заключают, что планирование и управление проектами по консервации и реставрации могут быть улучшены за счет возможности иметь доступ к виртуальной модели исторического памятника. Создаваемые библиотеки компонентов будут приносить пользу, облегчая междисциплинарный обмен семантическими и геопространственными объектами и данными между экспертами из разных дисциплин в области архитектурного наследия. Однако в этой области еще многое предстоит сделать, необходимы дополнительные исследования с учетом текущего прогресса BIM-платформ и их применимости к архитектурному наследию.

Использование BIM-технологий применительно к объектам архитектурного наследия постепенно внедряется и во Франции. К сожалению, по причине стихийных бедствий и техногенных катастроф, иногда происходят полные или частичные разрушения исторических зданий и сооружений. В данном случае заранее созданные цифровые копии этих объектов значительно упрощают процесс восстановления и реставрации. Причем, наибольшую эффективность и пользу дает совокупность данных лазерного сканирования и созданные по ним цифровые информационные модели.

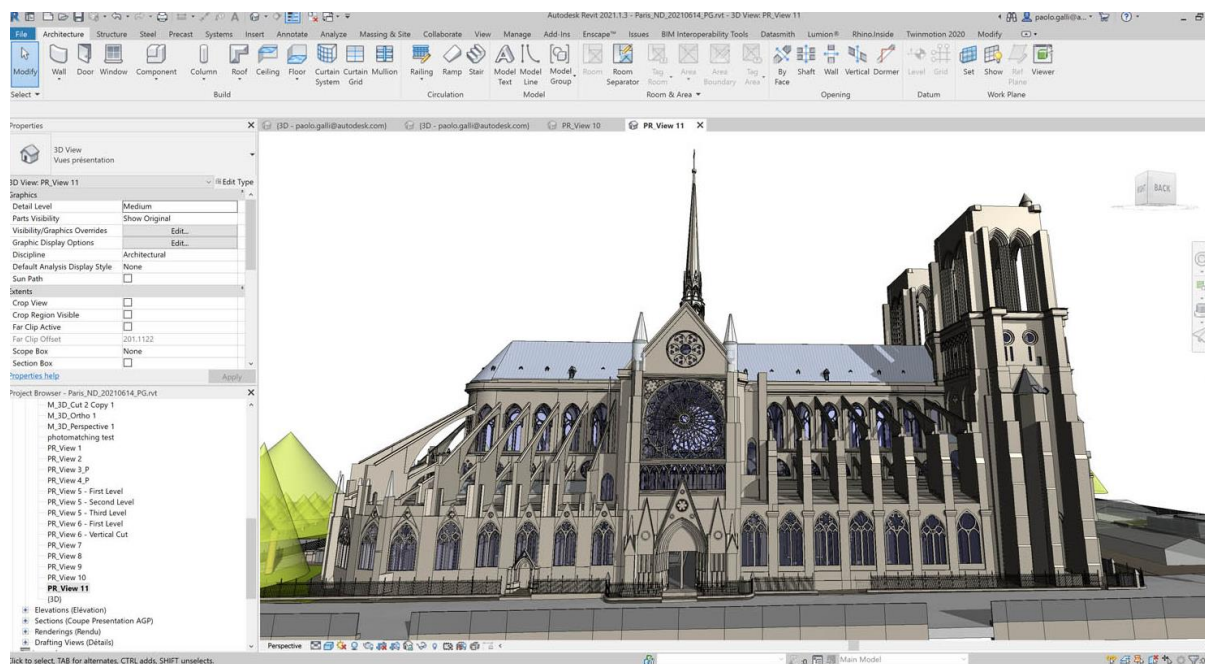
К таким ситуациям относится пожар, охвативший в 2019 году парижский собор Нотр-Дам. Произошедшее привело к обрушению шпиля и части крыши, а также к повреждению внутреннего убранства. Восстановлению собора и укреплению конструкций значительно способствует наличие BIM-модели данного объекта, которая была создана ранее.

В 2010 году было проведено лазерное сканирование собора бельгийским историком искусства и архитектуры Эндрю Таллоном. Данная работа проводилась ученым для нескольких исторических объектов в рамках исследований особенностей готической архитектуры и выявления различных структурных аномалий [11; 12]. Результаты работ по лазерному сканированию собора Нотр-Дам в виде облака точек представлены на рисунке 1.



*Рисунок 1. Облако точек собора Нотр-Дам де Пари — результат лазерного сканирования, проведенного Э. Таллоном (источник: <https://www.enr.com/articles/51650-digital-tools-join-traditional-methods-for-notre-dame-rebuild>)*

Результаты этой работы позже были использованы местным отделением компании Autodesk при создании цифровой информационной модели собора в программном комплексе Revit. скриншот созданной модели показан на рисунке 2.



**Рисунок 2.** Цифровая информационная модель собора Нотр-Дам де Пари, созданная подразделением EMEA Autodesk (источник: <https://aecmag.com/features/bim-and-the-notredame-resurrection-revit/>)

Информационное моделирование помогает при общей координации реконструкции, усилении и замене строительных конструкций, проверке кабельной разводки систем противопожарной защиты в здании и т. д. А агентство по охране окружающей среды Франции использовало BIM-модель для планирования логистики на площадке, размещения кранов, доставки материалов и организации безопасности на площадке<sup>1</sup>.

### Обзор отечественных исследований

В России внедрению BIM-технологий в изучение и сохранение архитектурного наследия на данный момент уделено очень мало внимания. На практике выполняются работы по проведению лазерного сканирования и фотограмметрии, дальнейшему построению плоских чертежей для использования в реставрации и консервации объектов, а также созданию 3D-моделей для задач исторической реконструкции [13; 14]. Значительно реже создаются трехмерные цифровые информационные модели, практически отсутствуют научные исследования по данной тематике. Исключением служат несколько работ по данной тематикой применительно к объектам из древесины. Прежде всего, это исследования В.В. Талапова — автора многочисленных публикаций и трех монографий по тематике BIM. Он первым заявил, что важнее создавать не просто модель объекта архитектурного наследия, а его параметрическую информационную модель [15]. В своих работах с соавтором, Т.И. Козловой, он описывает роль технологий информационного моделирования при работе с памятниками деревянной архитектуры. Данные исследования проводились при создании цифровых информационных моделей Зашиверской церкви, усадьбы Зарубина в деревне Ёдарма, а также

<sup>1</sup> Day, M. BIM and the Notre-Dame resurrection / M. Day // AEC Magazine [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://aecmag.com/features/bim-and-the-notre-dame-resurrection-revit/>.

храма Шенмудянь в Китае [16]. Моделирование проводилось в программном комплексе Autodesk Revit. Целями авторов было внедрение системы деревянного зодчества в технологию BIM, создание задела для информационного моделирования с целью музеефикации, исследования и управления эксплуатацией памятников архитектуры, а также разработки библиотеки различных элементов из древесины.

В своих более поздних исследованиях по созданию цифровых моделей объектов деревянного зодчества В.В. Талапов вводит понятие «умный памятник». В его работе совместной работе с А.Ю. Майничевой, на примере Спасской церкви из Зашиверска [17], описывается процесс создания для объекта системы информационного мониторинга, учитывающей изменения параметров его состояния, что особенно актуально для зданий и сооружений из древесины. Основой подхода послужила методика, внедряемая в музее-заповеднике «Кижы».<sup>2</sup> Исходным материалом для исследований является результаты лазерного сканирования и фотограмметрии, а также построенная по полученному облаку точек цифровая информационная модель. Далее автор предлагает периодически уточнять модель посредством лазерного сканирования, добавлять блок автоматизированного сбора и анализа сведений о влажности через различные датчики, а также блок анализа и сбора информации по биологическому разрушению древесины на основе регулярной фотофиксации. Эта работа, по мнению автора, позволит более эффективно эксплуатировать и сохранять объекты деревянного зодчества, выводя их на уровень «умных». Предлагаемая схема информационной модели «умного памятника» деревянного зодчества представлена на рисунке 3.



**Рисунок 3.** Схема информационной модели «умного памятника» деревянного зодчества В.В. Талапова и А.Ю. Майничевой [17, с. 138]

<sup>2</sup> Любимцев, А.Ю. Система комплексного профилактического обслуживания памятников деревянного зодчества: научно-методические рекомендации / А.Ю. Любимцев, М.В. Кистерная. — Петрозаводск: Издательский центр музея-заповедника «Кижы». — 2008. — 56 с.

Еще одно исследование, посвященное использованию BIM-технологии для музеефикации деревянных памятников архитектуры, проводилось С.О. Аникеевой. В ее работах рассматриваемым объектом является комплекс памятников, попавших в зону затопления Богучанской ГЭС [18; 19]. Автором разрабатывается методика информационного моделирования недвижимых объектов деревянной архитектуры. С помощью применения «дискретной» методики моделирования процесс создания модели представляет собой аналог реального процесса возведения сруба — модель дома собирается в программе Autodesk Revit поэлементно как конструктор. Такой подход, по мнению автора, позволит в дальнейшем унифицировать работу для практически любого деревянного сооружения.

### Выводы

Проведенный анализ зарубежного и отечественного состояния исследований применения технологий информационного моделирования в сфере архитектурного наследия показывает, что моделирование в сфере архитектурного наследия осуществляется несколькими способами и с использованием различных подходов. Эти различия могут быть сгруппированы по назначению, степени автоматизации, степени сегментации и т. д.

Первая категория соответствует тем исследованиям, которые используют только BIM-платформы для разработки моделей и создания параметрических библиотек HBIM. Вторую категорию представляют исследования, которые объединяют BIM-платформы с другими вспомогательными инструментами, в том числе, не относящимися к среде информационного моделирования. Третья категория состоит из тех исследований, которые сочетают в себе BIM-платформы, программное обеспечение с открытым исходным кодом, вспомогательные инструменты, не относящиеся к BIM, а также средства геоинформационных систем (ГИС). Четвертая категория представляет те работы, которые вообще не используют платформы BIM для моделирования объектов.

Все рассмотренные в статье авторы приходят к выводу, что применение технологий информационного моделирования для архитектурного наследия уже приносит практическую пользу, а в будущем сделает процессы эксплуатации, ремонта, реконструкции, трансляции и осуществления музейной деятельности проще и эффективнее. Но для этого предстоит провести еще много работы и исследований, направленных на совершенствование действующих методик, создания новых и их типизации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Watson, A. Digital buildings — Challenges and opportunities / A. Watson // *Advanced Engineering Informatics*. — 2011, vol. 25, pp. 573–581.
2. Bozoglu, J. Collaboration and coordination learning modules for BIM education / J. Bozoglu // *Journal of Information Technology in Construction*. — 2016, vol. 21, pp. 152–163.
3. Murphy, M. Historic building information modelling (HBIM) / M. Murphy, E. McGovern, S. Pavia // *Structural Survey*. — 2009. — vol. 27, № 4. — pp. 311–327.
4. Brian, P. BIM for Cultural Heritage: Development of an Information Model of a Historic Building / P. Brian, S. Antonopoulou // *Publishing solutions*. — 2019. — 106 p.
5. Arayici, Y. Heritage Building Information Modelling / Y. Arayici, J. Counsell, L. Mahdjoubi, G. Nagy, S. Hawas and K. Dweidar. — London: Routledge. — 2017. 292 p.

6. López, F.J. A Review of Heritage Building Information Modeling (H-BIM) / F.J. López, P. Lerones, J. Llamas, J. Gómez-García-Bermejo and E. Zalama // Multimodal Technologies and Interaction. — 2018, 29 p.
7. Volk, R. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs / R. Volk, J. Stengel, F. Schultmann // Automation in Construction. — 2014. — vol. 38. — pp. 109–127.
8. Dore, C. Semi-Automatic Generation of As-Built BIM Façade Geometry from Laser and Image Data / C. Dore, M. Murphy // Journal of Information Technology in Construction. — 2014. — № 19, pp. 20–46.
9. Fai S., Graham K., Duckworth T., Wood N., Attar R. Building information modelling and heritage documentation. In Proceedings of the 23rd International Symposium, International Scientific Committee for Documentation of Cultural Heritage (CIPA), Prague, Czech Republic, 12–19 July 2011. — pp. 12–16.
10. Shishido, H. Proactive preservation of world heritage by crowdsourcing and 3D reconstruction technology / H. Shishido, Y. Ito, Y. Kawamura, T. Matsui, A. Morishima, I. Kitahara // In Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Big Data, Boston, MA, USA. — 2017. — p. 4426.
11. Tallon, A. Divining Proportions in the Information Age / A. Tallon // Architectural Histories. — 2014. — 2(1): 15. — pp. 1–14.
12. Sandron, D. Notre-Dame de Paris / D. Sandron, A. Tallon // Parigramme. — 2013. — p. 192.
13. Жеребятъев, Д.И. Методы трёхмерного компьютерного моделирования в задачах исторической реконструкции монастырских комплексов Москвы: монография. М.: Исторический ф-т МГУ, 2014. 224 с.
14. Бородкин, Л.И. Виртуальная реконструкция типовых железнодорожных станций Великого Сибирского пути конца XIX — начала XX вв. / Л.И. Бородкин, Д.И. Жеребятъев // Историческая информатика. — 2022. — № 4. — С. 84–102.
15. Талапов, В.В. Технология BIM в России: Зашиверская церковь / В.В. Талапов, Т.И. Козлова // CADmaster. — 2011. — № 6(61). — С. 90–95.
16. Козлова, Т.И. BIM и памятники деревянной архитектуры / Т.И. Козлова, С.О. Куликова, В.В. Талапов, Ч. Гуаньин // Историческая информатика. информационные технологии и математические методы в исторических исследованиях и образовании. — 2014. — № 2-3(8-9). — С. 50–73.
17. Майничева, А.Ю. Информационное моделирование зданий и сооружений: "умные памятники деревянного зодчества" / А.Ю. Майничева, В.В. Талапов // Вестник Томского государственного университета. История. — 2020. — № 65. — С. 135–140.
18. Аникеева, С.О. Воссоздание утраченных памятников истории и архитектуры с помощью технологии BIM (на примере дома с печкой, с. Паново, Красноярский край) / С.О. Аникеева // Вестник Томского государственного университета. История. — 2013. — № 3(23). — С. 7–9.
19. Аникеева, С.О. Об опыте использования технологии BIM для музеефикации деревянных памятников архитектуры / С.О. Аникеева // Вестник Томского государственного университета. Культурология и искусствоведение. — 2014. — № 1(13). — С. 31–36.



**Varenik Kirill Aleksandrovich**

The Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia

E-mail: [vkirillv89@mail.ru](mailto:vkirillv89@mail.ru)

RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=721765](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=721765)

## **Review of research on the introduction of information modeling technologies for architectural heritage objects**

**Abstract.** The purpose of the author's research is to analyze the existing situation on the introduction of information modeling technologies in the study and preservation of architectural heritage objects. The article provides an overview of domestic and foreign works on this topic, provides examples of effective implementation experience in the field of cultural heritage. As a result of the analysis, it was found that modeling in this area is carried out in several ways using various approaches and software packages. These differences can be grouped by purpose, degree of automation, and degree of segmentation. The obtained results will be used by the author of the article to create his own methodology, which will allow creating digital three-dimensional passports of architectural heritage objects with all the necessary information for restorers, museum workers and archaeologists.

**Keywords:** digital information model; architectural heritage object; digital model; restoration; parametric modeling; software package; laser scanning