

# МЕТОДОЛОГИЯ ИНТЕГРАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ДЕРЕВЯННЫХ МЕМОРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

**И. Ш. Исаев<sup>1</sup>, П. Д. Шиндина<sup>2</sup>, А. Д. Занина<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Магистрант, «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия, 195251, e-mail: isaev.list@list.ru, тел. 8(921)443-99-06

<sup>2</sup> Бакалавр, «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия, 195251, e-mail: polinafroggy@gmail.com, тел. 8(993)960-83-18

<sup>3</sup> Старший преподаватель, «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия, 195251, e-mail: pavlenko\_ad@spbstu.ru, тел. 8(981)987-52-21

## Аннотация.

**Предмет исследования:** работа посвящена интеграции технологий искусственного интеллекта и информационного моделирования (BIM) в проектирование деревянных мемориальных комплексов. В современной архитектурной практике отсутствует единая методология, объединяющая генерацию концепции, параметризацию и визуализацию, что приводит к разрозненности инструментов и росту трудозатрат.

**Цели:** разработать и апробировать методологию сквозного цифрового проектирования архитектурных объектов из древесины с применением генеративных нейросетей, параметрического моделирования и автоматизированной визуализации.

**Материалы и методы:** использованы диффузионные модели Stable Diffusion XL и Midjourney для генерации концепций, параметрическое моделирование в среде ArchiCAD с применением Python API и GDL, а также визуализация через ControlNet. Эксперимент выполнен на примере проектирования деревянного мемориального павильона.

**Результаты:** разработан цифровой процесс, объединяющий этапы концептуализации, параметризации и визуализации. Трудозатраты снижены на 80–85 %, производительность увеличена в 17–23 раза, время визуализации сокращено в 3,6–4,6 раза.

**Выводы:** методология повышает эффективность и устойчивость архитектурного проектирования, сохраняя художественную выразительность объектов. Полученные результаты применимы при создании малых архитектурных форм, выставочных и мемориальных сооружений из древесины, а также для формирования открытых библиотек BIM-компонентов.

## ВВЕДЕНИЕ

Современная архитектурно-строительная отрасль характеризуется интеграцией технологий искусственного интеллекта (ИИ) и информационного моделирования зданий (BIM) [1], что обеспечивает переход к адаптивным цифровым

методам проектирования. В архитектуре мемориальных комплексов из древесины данное направление имеет особое значение: такие объекты требуют баланса между конструктивной рациональностью, выразительностью формы и символическим содержанием [2, 3]. Цель исследования — разработка и апробация методологии сквозного проектирования малых архитектурных форм мемориального назначения с использованием генеративных нейросетей, параметрического BIM и автоматизированной визуализации [4].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлся проект деревянного мемориального комплекса, разработанный для территории парка Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета. Композиция включает арочно-каркасную беседку диаметром 9,5 м и пятилучевую ферменную конструкцию с выставочными нишами. Цель эксперимента состояла в проверке эффективности интегрированной методологии проектирования, объединяющей генеративный искусственный интеллект, параметрическое моделирование в среде BIM и автоматизированную визуализацию на основе нейросетей. Исследование выполнено в три последовательных этапа.

На первом этапе использовались диффузионные модели Stable Diffusion XL 1.0 и Midjourney 6.0 [5, 6, 7]. Средняя длина текстового промпта составляла 150–200 слов (английский язык), среднее время генерации одного варианта — 5,1 минуты. За 3,5 часа было создано 40 концептуальных решений, что в 17–23 раза быстрее ручного эскизирования. Экспертная оценка соответствия визуального результата авторскому замыслу составила 8,9/10, что на 67 % выше качества генерации при кратких промптах.

Второй этап выполнялся в среде Graphisoft ArchiCAD 27 с применением Python API и языка описания геометрии GDL. Были разработаны пользовательские параметрические объекты с уровнем детализации LOD 350 [5, 8, 9]. Модель включала 247 арочных и 184 ферменных элементов. Проверка несущей способности конструкций проводилась автоматически через скрипты Python API за 38 секунд. Коэффициент использования прочности составил 0,33 для арочной системы и 0,27 для ферменной при расчетной нагрузке 0,3 кН/м.

На заключительном этапе осуществлялся экспорт модели из ArchiCAD в Blender 4.0 (формат FBX), после чего применялась постобработка в Stable Diffusion XL с модулем ControlNet [4, 10]. Средняя оценка визуального качества составила 8,4 балла, что сопоставимо с традиционными рендерами (V-Ray, Corona) при среднем показателе 8,7. Время визуализации сокращено в 3,6–4,6 раза. Оптимальные параметры генерации: denoising strength — 0,6–0,7 (рис. 1); guidance scale — 9–11 (рис. 2).

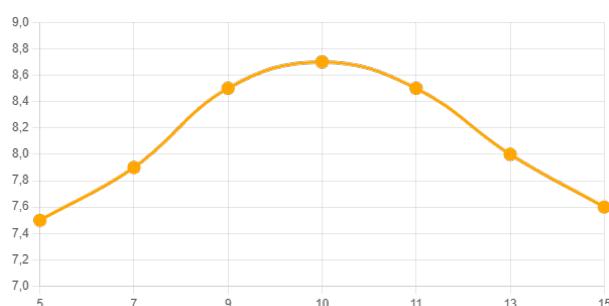


Рис. 1. Влияние параметра denoising strength на качество визуализации

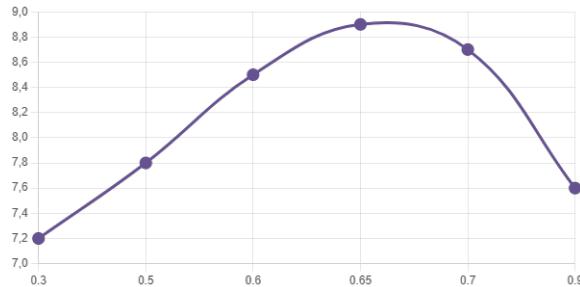


Рис. 2. Влияние параметра guidance scale на качество визуализации

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ показал, что применение генеративных нейросетей и параметрического моделирования обеспечивает существенную оптимизацию проектного процесса [11]. По сравнению с ручным и цифровым эскизированием, трудозатраты сократились на 80–85 %, а производительность увеличилась в 17–23 раза.

Табл. 1. Сравнительная таблица производительности

Метод	Кол-во вариантов	Время, ч	Время на 1 вариант, ч	Качество (баллы)
Ручное эскизирование	3–5	72–120	24–32	8,9
Цифровое эскизирование	5–8	48–80	9,6–13,3	8,6
Stable Diffusion	40	3,47	0,087	8,1
Midjourney	40	3,28	0,082	8,4

Средняя экспертная оценка визуального качества показала минимальную разницу (до 0,3 балла) между результатами, полученными традиционным и нейросетевым методами, что подтверждает возможность использования ИИ для финальной визуализации без потери художественного уровня.

Автоматизация инженерного анализа позволила сократить время расчёта несущей способности до 38 секунд. Экономический эффект внедрения методологии оценивается в диапазоне 6,66–13,28 млн рублей в год при портфеле 15–20 объектов. Срок окупаемости инвестиций — от 0,8 до 1,6 месяца.

Полученные результаты подтверждают гипотезу о целесообразности объединения генеративных и параметрических технологий в единый архитектурный процесс, обеспечивающий баланс между скоростью, точностью и эстетическим качеством проектирования.

## ВЫВОДЫ

Разработана и экспериментально подтверждена методология интегрированного архитектурного проектирования, включающая три взаимосвязанных блока: генеративный искусственный интеллект, параметрическое BIM-моделирование и автоматизированную нейросетевую визуализацию.

Методология обеспечивает возможность: увеличить производительность на этапе концептуализации в 17–23 раза, сократить время визуализации в 3,6–4,6 раза, снизить общие трудозатраты на 80–85 %, повысить экономическую эффективность внедрения с окупаемостью менее двух месяцев.

Практическая значимость результатов заключается в возможности применения разработанного подхода для проектирования деревянных павильонов, мемориальных и выставочных сооружений, а также в разработке открытых библиотек GDL-компонентов для BIM-сред [9]. Перспективой дальнейших исследований является включение экологических параметров в алгоритмы генерации, а также адаптация методологии для комплексных природно-архитектурных ансамблей и средовых объектов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шавшуков В. М., Олейник А. В., Мешкова Н. Л. Технологии информационного моделирования в строительной отрасли / В. М. Шавшуков, А. В. Олейник, Н. Л. Мешкова // Электронный периодический журнал. – 2024. – № 6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-informatsionnogo-modelirovaniya-v-stroitelnoy-otrasli> (дата обращения: 24.10.2025).
2. Caetano I., Santos L., Leitão A. Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design / I. Caetano, L. Santos, A. Leitão // Frontiers of Architectural Research. – 2020. – Vol. 9, № 2. – P. 287–300. – DOI: 10.1016/j.foar.2019.12.008.
3. Дубынин Н. В., Кочешкова Е. И., Граник М. Ю., Родимов А. О. Цифровая архитектура / Н. В. Дубынин, Е. И. Кочешкова, М. Ю. Граник, А. О. Родимов // Academia. Архитектура и строительство. – 2022. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-architektura> (дата обращения: 24.10.2025).
4. Rombach R., Blattmann A., Lorenz D., Esser P., Ommer B. High-resolution image synthesis with latent diffusion models / R. Rombach, A. Blattmann, D. Lorenz, P. Esser, B. Ommer // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2022. – P. 10684–10695.
5. Amanzadegan M., Heidari A., Peyvastehgar Y. A systematic review of the BIM in construction: from smart building management to interoperability of BIM & AI / M. Amanzadegan, A. Heidari, Y. Peyvastehgar // Architectural Science Review. – 2023. – Vol. 66, № 1. – P. 1–20. – DOI: 10.1080/00038628.2023.2263721.
6. Khan A. A. [et al.] Integrating building information modelling and artificial intelligence: a systematic literature review / A. A. Khan [et al.] // Technologies. – 2024. – Vol. 12, № 4. – P. 40–58.
7. Chen Y. [et al.] Integrated applications of building information modeling and artificial intelligence in AEC/FM industry: a systematic review / Y. Chen [et al.] // Automation in Construction. – 2023. – Vol. 153. – P. 104958.
8. Al-Saeed Y. [et al.] A systematic review of lean construction, BIM and emerging digital innovations / Y. Al-Saeed [et al.] // Buildings. – 2023. – Vol. 13, № 3. – P. 693.
9. Al-Saeed Y. [et al.] Towards 4D BIM: a systematic literature review on challenges, tools and strategies / Y. Al-Saeed [et al.] // Buildings. – 2023. – Vol. 13, № 8. – P. 2058.
10. Rombach R. [et al.] High-resolution image synthesis with latent diffusion models / R. Rombach [et al.]. – 2022. – URL: <https://openaccess.thecvf.com> (дата обращения: 24.10.2025).
11. Muntañola J., Saura M., Cocho-Bermejo A., Beltran Borràs J. Artificial intelligence and architectural design: an introduction / J. Muntañola, M. Saura, A. Cocho-Bermejo, J. Beltran Borràs. – Polytechnic University of Catalonia; Anglia Ruskin University, 2022. – DOI: 10.5821/ebook-9788419184498