

ГЕНЕРАЦИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ВЫСОТНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Рассматриваются особенности формирования архитектурных решений высотных общественных зданий под влиянием технологий искусственного интеллекта (ИИ).

Цель исследования состоит в анализе трансформации архитектурных решений высотных общественных зданий проектирования под влиянием технологий искусственного интеллекта с выявлением перспективных направлений их применения.

Для решения указанных задач использованы методы анализа и теория обобщения отечественной и зарубежной архитектуры, сравнительного анализа архитектурных решений высотных общественных зданий с применением ИИ, а также многовариативного проектирования.

В соответствии с поставленной целью основными задачами являются анализ методов и приемов использования искусственного интеллекта в архитектуре высотных общественных зданий, рассмотрение эволюции проектного мышления от интуитивного поиска формы к научно обоснованному архитектурному решению на примере мировой практики, а также определение роли нейросетей в достижении целей устойчивого развития.

Исследование установило, что современный этап развития общества характеризуется стремительной урбанизацией и обострением глобальных экологических вызовов, а также предъявляет принципиально новые требования к архитектурным решениям высотных общественных зданий. Традиционные методы проектирования, основанные на линейном подходе и на субъективном опыте проектировщика, зачастую не способны эффективно решать многокритериальные и сложно-оптимизируемые задачи устойчивого развития. В этом контексте технологии искусственного интеллекта становятся ключевым драйвером трансформации отрасли, предлагая инструменты для обработки больших данных, прогнозирования, генерации и оптимизации проектных решений, что позволяет перейти от реактивного к проактивному проектированию, учитывающему не только текущие потребности, но и будущие сценарии развития урбанизированной среды. Архитектор становится куратором интеллектуальных систем, синтезирующих проектные решения. В результате, автоматизированный интеллект открывают новые горизонты в разработке архитектурных решений, способных подстраиваться под стремительно меняющуюся урбанизированную

среду.

Ключевые слова: искусственный интеллект, архитектурное решение высотных общественных зданий, устойчивое развитие, экологическая архитектура, генеративное проектирование, цифровые двойники, генерация.

Yu.A. Korotich
S.G. Shabiev

GENERATION OF ARCHITECTURAL SOLUTIONS FOR HIGH-RISE BUILDINGS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The features of the formation of architectural solutions for high-rise public buildings under the influence of artificial intelligence (AI) technologies are considered.

The purpose of the study is to analyze the transformation of architectural solutions for high-rise public buildings design under the influence of artificial intelligence technologies with the identification of promising areas of their application.

To solve these problems, methods of analysis and theory of generalization of domestic and foreign architecture, comparative analysis of architectural solutions for high-rise public buildings using AI, as well as multivariate design were used.

In accordance with the goal, the main objectives are to analyze methods and techniques for using artificial intelligence in the architecture of high-rise public buildings, to consider the evolution of design thinking from an intuitive search for form to a scientifically based architectural solution using the example of world practice, as well as to determine the role of neural networks in achieving the goals of sustainable development.

The study found that the current stage of society's development is characterized by rapid urbanization and the aggravation of global environmental challenges, as well as imposes fundamentally new requirements on architectural solutions for high-rise public buildings. Traditional design methods based on a linear approach and on the subjective experience of the designer are often not able to effectively solve multi-criteria and difficult-to-optimize sustainable development tasks. In this context, artificial intelligence technologies are becoming a key driver of the industry's transformation, offering tools for big data processing, forecasting, generation and optimization of design solutions, which makes it possible to move from reactive to proactive design that takes into account not only current needs, but also future scenarios for the development of an urban environment. The architect becomes the supervisor of intelligent systems synthesizing project solutions. As a result, automated intelligence opens up new horizons in the development of architectural solutions that can adapt to a rapidly changing urban environment.

Keywords: artificial intelligence, architectural solution of high-rise public buildings, sustainable development, ecological architecture, generative design, digital twins, generation.

Современный этап развития цивилизации характеризуется активной урбанизацией и обострением глобальных экологических проблем. К 2050 г. в городах будет проживать около 68% населения мира, что создает колossalную нагрузку на инфраструктуру и экосистемы. Традиционные методы архитектурного проектирования, основанные на субъективном опыте, достигают своих пределов.

Технологии искусственного интеллекта выступают ключевым драйвером трансформации отрасли. Они предлагают инструменты для обработки больших данных, прогнозирования сценариев, многокритериальной оптимизации и генерации решений, недоступных человеку в силу когнитивных ограничений.

Генеративное проектирование является краеугольным камнем этой новой парадигмы. Проектировщик задает не конкретную форму, а набор целей и ограничений. Алгоритмы ИИ генерируют тысячи вариантов, находя оптимальный баланс между конфликтующими параметрами, такими как прочность, стоимость и энергоэффективность.

Использование генеративного проектирования при формировании внутренних пространств штаб-квартиры «Autodesk» в г. Торонто в Канаде позволило получить уникальные архитектурные решения, отличающиеся высокой эффективностью и оптимальностью структурных элементов (рис.1). Применение цифровых алгоритмов обеспечило создание рабочих зон, учитывающих эргономику, естественное освещение, акустику и параметры внутренней навигации [10,14]. Генеративные методы позволили рассчитать множество конфигураций планировки, выявить наиболее рациональные варианты и снизить вероятность проектных конфликтов на ранних этапах моделирования.

ИИ-проектирование позволяет существенно расширить пространство возможных решений, позволяя находить нестандартные решения, выходящие за пределы традиционных подходов. Оно способствует ускорению процесса принятия инженерных решений благодаря автоматическому перебору множества вариантов и раннему обнаружению потенциальных проблем. Это

особенно важно в условиях современного строительства, характеризующегося возрастающей сложностью проектов и жесткими ограничениями по срокам реализации.

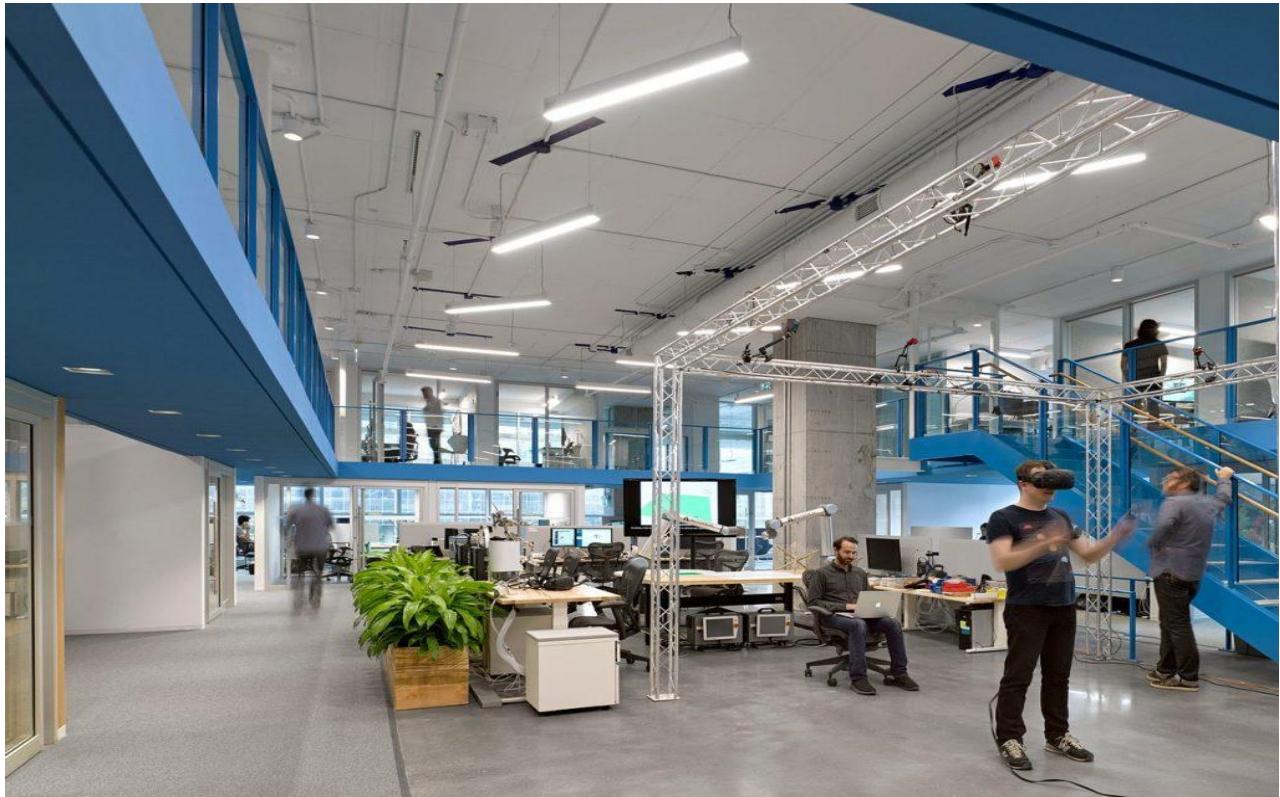


Рис. 1. Фрагмент интерьера штаб-квартиры компании «Autodesk»
в г. Торонто, Канада

Машинное обучение также находит применение в анализе урбанистических данных. Алгоритмы анализируют карты движения транспорта и пешеходов, данные о шумовом загрязнении, социальной активности, ценовой динамике на недвижимость. Это позволяет прогнозировать последствия архитектурно-градостроительных решений, выявлять «пробки» городской среды и проектировать более жизнеспособные пространства.

Проект «Sidewalk Labs» в Торонто — амбициозный пример внедрения больших данных и машинного обучения в городское планирование (рис. 2). Алгоритмы анализировали транспортные потоки, пешеходную активность, шум и социальный климат, помогая проектировщикам выявлять проблемные зоны, снижать заторы и повышать комфорт общественных пространств [1,2].

Концепция включала динамические логистические системы, умные климатические модули и адаптивную модульную архитектуру [4,5]. Инфраструктура могла меняться на основе анализа поведенческих данных жителей, делая акцент на управляемости, энергоэффективности и комфорте [9].



Рис. 2. Проект «Sidewalk Labs» в г. Торонто, Канада

На примере небоскреба «Shanghai Tower» в г. Шанхай, в Китае продемонстрирована эффективность применения методологии генеративного проектирования, основанной на алгоритмах машинного обучения и эволюционного моделирования (рис. 3). Ключевой задачей являлась многокритериальная оптимизация архитектурной формы с учетом конфликтующих параметров: аэродинамических характеристик, энергетической эффективности, структурной прочности и устойчивости [13].

Вычислительные алгоритмы осуществили анализ десятков тысяч вариантов конфигурации несущего каркаса и фасадных систем, что позволило идентифицировать решения, оптимальные по заданным критериям [15]. Дополнительно были смоделированы тепловые и светотехнические режимы для выбранной геометрии. Данный подход способствовал значительной оптимизации временных и финансовых затрат на проектной стадии.

Разработанный алгоритмический инструментарий обладает свойством реплицируемости и может быть адаптирован для проектирования иных объектов со сложной биоморфной морфологией.

Реализация проекта свидетельствует о переходе параметрических и генеративных методов из области экспериментального проектирования в практику решения инженерно-технических задач. Это создает предпосылки для массового внедрения подобных технологий, направленных на создание экономически целесообразных, ресурсоэффективных и адаптивных архитектурных решений.



Рис. 3. Общий вид Шанхайской башни (Shanghai Tower), г. Шанхай, Китай

Алгоритмы могут с высочайшей точностью провести солнечный анализ для конкретного участка, рассчитав оптимальную ориентацию здания, размеры и расположение окон, конструкцию солнцезащитных элементов. Это позволяет максимизировать использование солнечной энергии зимой и минимизировать перегрев летом [19].

Эффективное применение данного подхода исполняется в проекте «Al Bahar Towers» в г. Абу-Даби в ОАЭ (рис. 4). Его ключевой особенностью стала разработка кинетического фасада, состоящего из модулей в форме

подвижных треугольников [21,22]. Конфигурация и алгоритмы поведения этой системы были не синтезированы традиционными методами, а получены в результате процессов генеративного проектирования и машинного обучения [24].

Вычислительные алгоритмы провели многократную симуляцию работы экранов с учетом траектории движения солнца, сезонных изменений солнечной инсоляции и ветровых нагрузок [11, 12]. В результате тысяч итераций была определена геометрия, которая не только минимизирует теплопоступления в здание, снижая нагрузку на системы кондиционирования, но и обеспечивает комфортный уровень естественного освещения. Помимо автоматизации расчетов и выбора оптимальной конфигурации экрана, система «Al Bahar Towers» способна самостоятельно управлять движением ширина в режиме реального времени, реагируя на погодные условия и ориентацию здания относительно солнца [16,17].

Таким образом, генеративное проектирование и искусственный интеллект стали инструментом, помогающим одновременно решать сложные архитектурные и инженерные задачи, делая объект уникальным как с точки зрения внешнего облика, так и функционала [20].

Опыт «Al Bahar Towers» показывает, насколько эффективно генеративное проектирование способно отвечать современным вызовам архитектуры и строительства, сочетая экономическую целесообразность, технологичность и художественное совершенство [7,8]. Эти башни стали знаковым объектом, иллюстрирующим огромный потенциал искусственного интеллекта в формировании новой волны архитектурных решений [17,18].

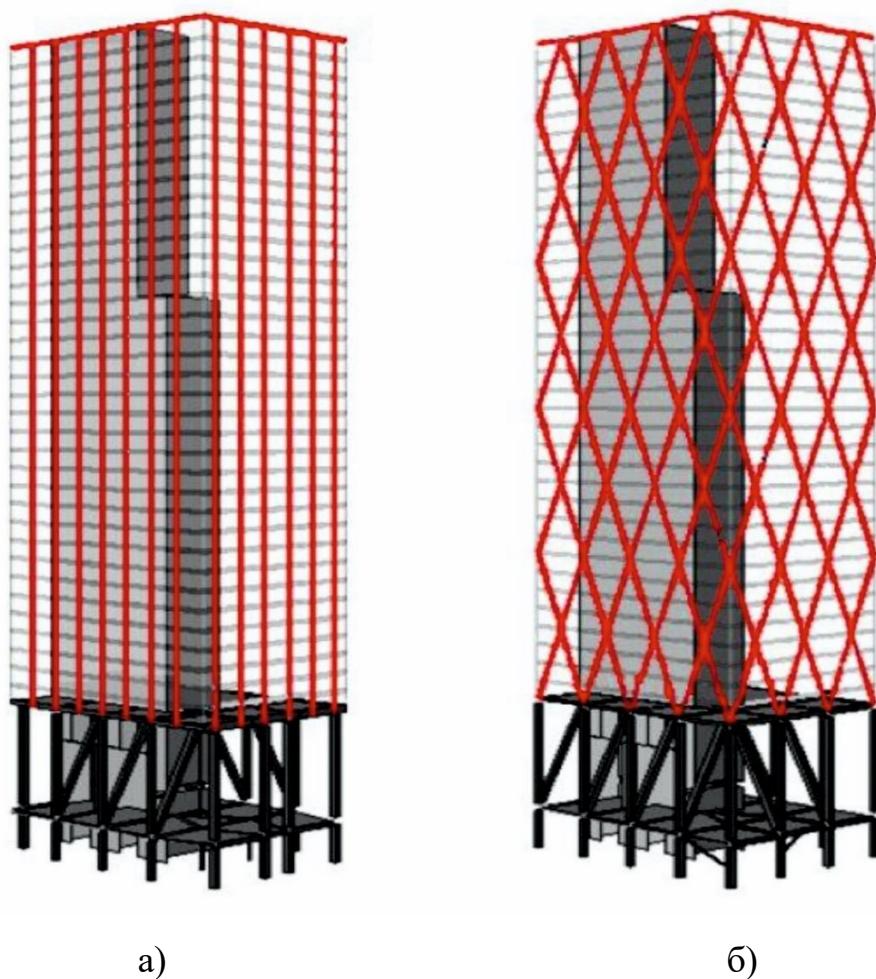


Рис. 4. Общий вид «Al Bahar Towers» в г. Абу-Даби, ОАЭ

ИИ-алгоритмы также способны проектировать сложные системы естественной вентиляции, моделируя движение воздушных потоков вокруг и внутри здания. Аналогично оптимизируются системы сбора и использования дождевой воды, схемы размещения солнечных панелей и ветрогенераторов [3]. Небоскреб «Hearst Tower» в г. Нью-Йорке в США, использует диагональную структуру, основу сооружения составляет сетчатая каркасная металлоконструкция из скрещённых диагональных балок, которая не только эстетична, но и на 20% более эффективна по расходу стали, что является результатом сложного компьютерного моделирования, предтечи современных ИИ-оптимизаций (рис. 5). Данная структура стала возможной благодаря применению методов топологической оптимизации, которые позволили перераспределить материал в соответствии с реальными нагрузками. Сравнительный анализ двух конструктивных решений – прямоугольной сетки и диагриданной системы – показал, что внедрение оптимизированной диагриданной конфигурации обеспечивает значительную экономию материала (рис. 6).



Рис. 5. Общий вид небоскреба «Hearst Tower» в г. Нью-Йорке, США



а)

б)

Рис. 6. Схема генерации архитектурных решений высотных общественных зданий «Hearst Tower» в г. Нью-Йорке, США: а – прямоугольная конструктивная система; б – диагридная конструктивная система

Применение диагридной схемы в конструкциях мегаполиса количественно подтверждает превосходство оптимизированной балочной системы, поскольку потребовало 8,453 тонны металлоконструкций, в то время как для прямоугольной сетки было необходимо 10,750 тонн [23].

Современные системы на основе ИИ способны проводить подобный анализ на принципиально новом уровне, рассматривая тысячи альтернативных вариантов конструкции за короткое время. Это позволяет не только минимизировать использование материалов, но и создавать уникальные архитектурные выражения, где форма органично вытекает из структурной логики [25]. «Hearst Tower» демонстрирует преемственность между ранними

методами компьютерного моделирования и современными возможностями искусственного интеллекта в создании ресурсоэффективной архитектуры.

Внедрение искусственного интеллекта в архитектурное проектирование знаменует собой не просто смену инструментов, а фундаментальную трансформацию самой философии проектирования. Происходит переход от авторского, интуитивного жеста к междисциплинарному, научно-обоснованному процессу, в котором человек-архитектор выполняет роль куратора целей и ограничений, а ИИ – роль генератора и оптимизатора решений.

Сейчас искусственный интеллект выступает ключевым катализатором для достижения целей устойчивого развития, позволяя создавать ресурсоэффективные, экологичные и адаптивные сооружения и городские среды. На смену статичным BIM-моделям приходят динамические «цифровые двойники», способные к самообучению и адаптации на основе данных, получаемых в реальном времени в течение всего жизненного цикла объекта.

Эстетика архитектуры обогащается за счет биомиметических и алгоритмически сгенерированных форм, а также методов параметризма, которые не только визуально выразительны, но и структурно-энергетически оптимальны. Перед профессиональным сообществом встают новые вызовы: необходимость разработки этических стандартов использования ИИ, преодоление «цифрового разрыва» и пересмотр архитектурного образования в сторону большей междисциплинарности. Искусственный интеллект активно внедряется в архитектуру, предлагая принципиально новые подходы к проектированию зданий и пространств.

Симбиоз человеческого творческого потенциала и вычислительной мощи искусственного интеллекта открывает новую эру в архитектуре – эру, где красота, функциональность и экологическая ответственность не противоречат, а взаимно усиливают друг друга, создавая среду, подлинное произведение

Заключение

Генеративные алгоритмы и нейросети кардинально расширяют креативный горизонт архитектора, позволяя исследовать обширное пространство проектных возможностей. Это высвобождает творческий потенциал, позволяя сосредоточиться на концептуальных задачах, в то время как ИИ производит многовариантную оптимизацию по параметрам прочности, энергоэффективности, стоимости и дизайна.

Интеграция ИИ знаменует переход от реактивного проектирования к проактивному, способному моделировать будущие сценарии. Способность систем прогнозировать энергопотребление, потоки людей и микроклимат закладывает основу для зданий, которые адаптивно эволюционируют вместе с окружением. Это особенно важно для достижения целей устойчивого развития, где ИИ становится инструментом для минимизации углеродного следа и создания здоровой среды.

В этой новой парадигме архитектор выступает куратором, формулируя цели, а ИИ предлагает научно обоснованные и оптимизированные пути их достижения. Эта синергия открывает путь к созданию архитектуры, которая сама становится активным инструментом преодоления вызовов времени.

Литература

1. Авдотьин Л.Н., Лежава И.Г., Смоляр И.М. Градостроительное проектирование: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат. – 2019. – 432 с.
2. Smart Cities, Smart Future: Showcasing Tomorrow, Mike Barlow. – 2018. – 336 с.
3. Роль искусственного интеллекта в оптимизации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC) [Электронный ресурс] // КиберЛенинка. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-iskusstvennogo->

intellekta-v-optimizatsii-sistem-otopleniya-ventilyatsii-i-konditsionirovaniya-vozduha-hvac/viewer (дата обращения: 25.11.2025).

4. Цифровая трансформация градостроительной деятельности [Электронный ресурс] // КиберЛенинка. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-gradostroitelnoy-deyatelnosti/viewer> (дата обращения: 25.11.2025).

5. Власова Е. Л., Власова М. Л., Боровикова Н. В., Карелин Д. В. Искусственный интеллект в архитектурно-градостроительном проектировании // Architecture and Modern Information Technologies. 2023. – № 4 (65). – С. 311-324.

6. Касьянов Н. В. О применении возможностей искусственного интеллекта в архитектуре, градостроительстве и строительных науках // Современная архитектура мира: основные процессы и направления развития: тезисы докл. XV Междунар. науч. конф., 7–8 октября 2024 г. URL: <https://archi.ru/elpub/100299/o-primenenii-vozmozhnostei-iskusstvennogo-intellekta-v-arkhitekture-gradostroitelstve-i-stroitelnykh-naukakh> (дата обращения: 05.11.2025).

7. Пичугов П. А., Шабиев С. Г. Методика использования Stable Diffusion для генерации вариантов фасадных решений на основе ИИ // Architecture and Modern Information Technologies. 2024. № 3 (68). – С. 327–338.

8. Салех М. С. Внедрение цифровых методов на различных этапах архитектурного проектирования // Architecture and Modern Information Technologies. – 2021. – № 1 (54). – С. 268–278.

9. Шабиев С. Г., Спиридовон В. Ю. Проблемы внедрения технологий «умного градостроительства» в Челябинске // Архитектура, градостроительство и дизайн. Междун. науч. электронный журнал. – 2020. – №23. –С. 22.

10. Чмир Ю. Э., Карелин Д. В. Пути интеграции автоматизированного процесса и адаптация искусственного интеллекта при разработке проектных решений // Приволжский научный журнал. 2021. – № 1 (57). – С. 84–91.

11. Виноградова Е.И. Применение информационных технологий для персонификации объектов архитектуры // Материалы конференции. – 2020. – С. 8

12. D'Uva D. AI-Enhanced Facade Design: Exploring the Synergy of Generative Models and Architectural Creativity // Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli. 2024. – P. 355–362.

13. Huang V., Zheng H. Recognition and generation of architectural drawings using machine learning // Proceedings of the 38th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture. Mexico City, Mexico. 2018. – P. 18–20. DOI 10.52842/conf.acadia.2018.156.

14. Kaushikkumar P., Divya B. Ai-enhanced Design: Revolutionizing Methodologies and Workflows // International Journal of Artificial Intelligence Research and Development (IJAIRD) January-June 2024. Vol. 2. Iss. 1. – P. 135–157.

15. Ma H., Zheng H. Text Semantics to Image Generation: A Method of Building Facades Design Base on Stable Diffusion Model. In: Yan, C., Chai, H., Sun, T., Yuan, P. F. (eds) // Phygital Intelligence. – 2023. – № 5. – 55 p.

16. Rombach R., Blattmann A., Lorenz D., Esser P., Ommer B. Synthesis of high-resolution images using latent diffusion models // IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2022. – P. 10674–10685.

17. Zhang J., Fukuda T., Yabuki N. Automatic generation of synthetic datasets from a city digital twin for use in the instance segmentation of building facades // Journal of Computational Design and Engineering. – 2022. – № 9. – P. 1737–1755.

18. Ghimire P., Kim K., Acharya M. Opportunities and Challenges of Generative AI in Construction Industry: Focusing on Adoption of Text-Based Models // Buildings. –2024. – 1 (14). – P. 1 – 18. Vol. 14, No. 1: 220. arXiv:2310.04427. DOI:10.3390/buildings14010220.

19. Parsae M., Motealleh P., Parva M. Interactive architectural approach (interactive architecture). An effective and adaptive process for architectural design // HBRC Journal. – 2016. – № 12. – P. 277 – 285.
20. Dubai Future Foundation. 3D Printing Strategy in UAE Construction Sector. – 2016. – P. 13–15. URL: www.dubaifuture.gov.ae (дата обращения: 1.12.2025)
21. Hunt J. Architecture in the «Cybernetic Age» // Architectural Design. – 1998. – № 11/12. – P. 24–26.
22. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. New York: PublicAffairs. – 2016. – P. 30 – 170.
23. Belluomo L., Bici M., Campana F. Generative Design in Heritage Conservation: Balancing Historical Fidelity and Structural Efficiency with Machine Learning // Automation in Construction. – 2023. – Vol. 154. – Article 105012. – P. 673 – 680.
24. Wang, L., Zhang, H., Li, J. Real-Time Urban Heat Island Mitigation via AI-Powered Green Infrastructure Placement// Landscape and Urban Planning. – 2 Newton 2025. – Vol. 241. – Article 104987.
25. Gomez, A., Silva, R., Fernandez, M. Explainable AI for Stakeholder Engagement in Participatory Urban Design // Cities. – 2024. – Vol. 145. – P. 104–118.

References

1. Avdotyin L.N., Lezhava I.G., Smolyar I.M. Urban planning design: A textbook for universities. Moscow: Stroyizdat, – 2019. – 432 p.
2. Smart Cities, Smart Future: Tomorrow's Demonstration, Mike Barlow. – 2018. – 336 p.
3. The role of the state engineer in optimizing the heating, ventilation and air conditioning (HVAC) system [Electronic resource] // Ki-berLeninka. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-iskusstvennogo-intellekta-v-optimizatsii-sistem-otopleniya-ventilyatsii-i-konditsionirovaniya-vozduha-hvac/viewer> (date of request: 11/25/2025).

4. Digital transformation of urban development [Electronic resource] // CyberLeninka. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-gradostroitelnoy-deyatelnosti/viewer> (date of access: 11/25/2025).
5. Vlasova E. L., Vlasova M. L., Borovikova N. V., Karelina D. V. A research project in architectural and graphic design // Architecture and modern information technologies. Technologies. 2023. – No. 4 (65). – P. 311-324.
6. Kasyanov N. V. On the application of artificial intelligence capabilities in architecture, urban planning and construction sciences // Modern architecture of the world: main processes and directions of development: abstracts of the XV International Scientific Conference. June, October 7-8, 2024 URL: <https://archi.ru/elpub/100299/o-primenenii-vozmozhnostei-iskusstvennogo-intellekta-v-arkhitekture-gradostroitelstve-i-stroitelnykh-naukakh> (date of request: 05.11.2025).
7. Pichugov P. A., Khabiev S. G. Methods of using stable diffusion for genealogy of virtual objects // Architecture and modern information technologies. 2024. No. 3 (68). – P. 327-338.
8. M. Salekh. S. Introduction of digital methods at various stages of architectural design // architecture and modern information technologies. – 2021. – № 1 (54). – P. 268-278.
9. Shabiev S. G., Spiridonov V. Yu. Problems of introducing technologies of "smart urban planning" in Chelyabinsk // Architecture, urban planning and design. International Scientific electronic Journal. – 2020. – №23. – 22 p.
10. Chmir Yu. E., Karelina D. V. Ways of integrating automated process and adaptation of artificial intelligence in the development of design solutions // Privolzhsky Scientific Journal. 2021. – № 1 (57). – P. 84-91.
11. Vinogradova E.I. Application of information technologies for the personification of architectural objects // Materials of the conference. – 2020. – 8 p.

12. D'yuva D. Facade design using artificial intelligence: a study of the synergy of generative models and architectural creativity // Proceedings of the 45th International Conference of Teachers of Representative Disciplines. Milan: Francoangeli. – 2024. – P. 355-362.
13. Huang V., Zheng H. Recognition and generation of architectural drawings using machine learning // Proceedings of the 38th Annual Conference of the Association for Computer-aided Design in Architecture. Mexico City, Mexico. – 2018. – P. 18-20. DOI 10.52842/conf.acadia.2018.156.
14. Kaushikkumar P., Divya B. Advanced design using artificial Intelligence: Revolutionary Methods and Workflows // International Journal of Research and Development in the Field of Artificial Intelligence (IJAIRD), January-June 2024 Vol. 2. Issue 1. – P. 135-157.
15. Ma H., Zheng H. Converting text semantics into image generation: a method for constructing facade design based on a stable diffusion model. In: Yan K., Chai H., Song T., Yuan P. F. (eds.) // Physical intelligence. – 2023. – No. 5. – 55 p.
16. Rombach R., Blattman A., Lorenz D., Esser P., Ommer B. Synthesis of high-resolution images using latent diffusion models // IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2022. – P. 10674-10685.
17. Zhang J., Fukuda T., Yabuki N. Automatic generation of synthetic data sets from the digital twin of the city for use in segmentation of building facades by instances // Journal of Computational Design and Engineering. – 2022. – No. 9. – P. 1737-1755.
18. Ghimir P., Kim K., Acharya M. Opportunities and challenges of creating artificial intelligence in the construction industry: emphasis on the implementation of text models // Buildings. – 2024. – 1 (14). – P. 1-18. Volume 14, No. 1:220. arXiv:2310.04427. DOI:10.3390/buildings 14010220.

19. Parsai M., Motalle P., Parva M. Interactive architectural approach. Effective and adaptive architectural design process // HBRC Journal. – 2016, No. 12. – P. 277– 285.

20. Dubai Future Foundation. 3D Printing Strategy in the UAE construction sector. 2016. pp. 13-15. URL: www.dubaifuture.gov.ae (date of reference: 01.12.2025)

21. Hunt J. Architecture in the "Age of Cybernetics" // Architectural Design. – 1998, No. 11/12. – P. 24– 26.

22. Shvab K. The Fourth Industrial Revolution. New York: Public Affairs. – 2016. – P 30-170.

23. Belluomo L., Bichi M., Campana F. Generative design in heritage preservation: balancing historical authenticity and constructive efficiency with machine learning // Automation in construction. – 2023. – Volume 154. – Article 105012. – P. 673 – 680.

24. Wang, L., Zhang, H., Li, J. Mitigation of the effects of heat stroke in cities in real time through the placement of green infrastructure based on artificial intelligence // Landscape and urban Planning. - 2 Newton 2025. - Volume 241. – Article 104987.

25. Gomez A., Silva R., Fernandez M. Explicable artificial intelligence for stakeholder engagement in collaborative urban design. – 2024. – Volume 145. – P. 104 -118.

Коротич Ю.А.

Магистрант, кафедры «Архитектура», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия. E-mail: yu-miass@mail.ru

Korotich Yu.A.

Master's degree-Student, Department of Architecture, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia. E-mail: yu-miass@mail.ru

Шабиев С.Г.

Заведующий кафедрой «Архитектура», доктор архитектуры, профессор, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия.
E-mail: shabievsg@susu.ru

Shabiev S.G.

Head of the Department of Architecture, Doctor of Architecture, Professor, South Ural State University, c. Chelyabinsk, Russia. E-mail: shabievsg@susu.ru