



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.94

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ДИЗАЙНА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Шагаева Э.Р., ¹Надеждин А.А.

ФГБОУ ВО «УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», Уфа, Россия (450064, Республика Башкортостан, город Уфа, ул. Космонавтов, д. 1), e-mail: ¹alex.nad.702@yandex.ru

В связи со стремительным развитием технологий, компьютерной и производственной сферы, расширением применения нейросетей, а также исследованием и созданием новых материалов и подходов к производству растет интерес специалистов из разных областей деятельности и стран к генеративному дизайну. Авторами данной статьи проанализированы существующие программные комплексы, реализующие метод генеративного дизайна. Сформулированы выводы по возможностям программных комплексов к готовности реализации метода генеративного дизайна в проектировании.

Ключевые слова: Строительство, генеративный дизайн, проектирование, программные комплексы, стоимость, строительные нагрузки.

ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF USING GENERATIVE DESIGN IN THE DESIGN OF BUILDING STRUCTURES OF VARIOUS MATERIALS

Shagaeva E.R., ¹Nadezhdin A.A.

UFA STATE PETROLEUM TECHNOLOGICAL UNIVERSITY, Ufa, Russia (450064, Republic of Bashkortostan, Ufa, Kosmonavtov st., 1), e-mail: ¹alex.nad.702@yandex.ru

Due to the rapid development of technologies, computer and production spheres, the expansion of the use of neural networks, as well as the research and creation of new materials and approaches to production, the interest of specialists from different fields of activity and countries in generative design is growing. The authors of this article analyzed existing software packages implementing the generative design method. Conclusions are formulated on the capabilities of software packages for the readiness to implement the generative design method in design.

Keywords: Construction, generative design, design, software packages, cost, construction loads.

В связи со стремительным развитием технологий, компьютерной и производственной сферы, расширением применения нейросетей, а также исследованием и созданием новых материалов и подходов к производству растет интерес специалистов из разных областей деятельности и стран к генеративному дизайну [1, с. 1]. Открытые новые горизонты для творчества и инноваций позволяют исследовать огромное пространство проектных решений и предоставляют возможность для оптимизации решения конкретных задач.

Генеративный дизайн (англ. Generative Design; син. «порождающий дизайн») в широком смысле – подход к проектированию и дизайну цифрового или физического продукта (сайт,

изображение, мелодия, архитектурная модель, деталь, анимация и т.д.), при котором человек делегирует часть процессов компьютерным технологиям и платформам. [3. с. 4]

В отличие от параметрического дизайна, где дизайнер вручную управляет параметрами для получения желаемого результата, генеративный дизайн автоматизирует процесс подбора наиболее эффективных решений. Компьютер, используя математические алгоритмы и машинное обучение, занимается управляющим блоком, таким образом генерируя сотни и тысячи вариантов развития событий (выборок), которые затем анализируются и оптимизируются для достижения наилучшего результата [2, с. 6].

Одним из самых ранних примеров и упоминаний генеративного дизайна в архитектуре можно считать творение Антонио Гауди – базилика Саграда Фамилия (Искупительный храм Святого Семейства) в Барселоне. Испанский архитектор Антонио Гауди спроектировал церковь в конце 19 века, разработав алгоритм «параболические арки» (Рисунок 1), который был применен в создании органических каменных структур в храме. С помощью этого алгоритма имитируется процесс естественного роста костей или деревьев.

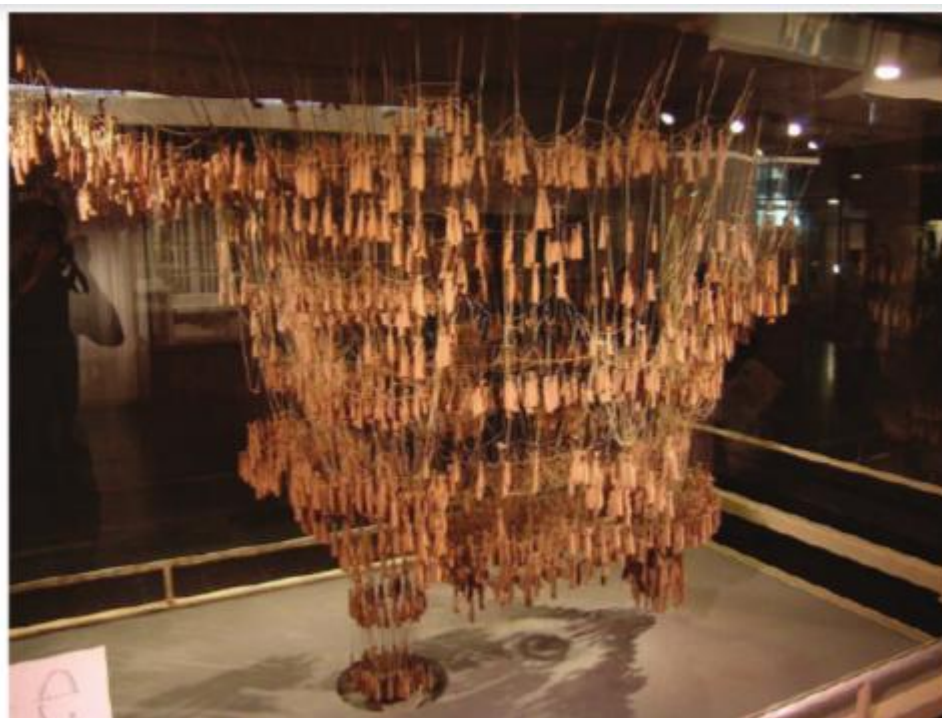


Рисунок 1 - Подвесная цепная модель Гауди

Движение вычислительного искусства, разработанное художниками, использовавшими компьютерные технологии для создания цифровых произведений искусства и активно развивающееся в 1960-х и 70-х годов, в немалой степени повлияло на развитие генеративного дизайна. Архитекторы обратили внимание на возможности вычислений в конце 1980-х и начале 1990-х годов и в этот же период начали экспериментировать с программным обеспечением для автоматизированного проектирования (САПР) для создания сложных конструкций с использованием алгоритмов. [4, с. 8]

В 2010-м году технологии обучения генеративных систем начинают быстро совершенствоваться. Так, в 2014 году Ян Гудфеллоу изобретает генеративно-состязательную сеть (GAN), которая используется для получения фотореалистичных изображений одежды,

сумок, портфелей, сцен компьютерных игр, интерьеров, объектов промышленного дизайна. А уже в 2016 году генеративный дизайн становится доступным и понятным для широкой аудитории, потребителей: группой российских разработчиков (А.Моисеенков, О.Пояганов, И.Фролов и А.Усольцев) создается приложение Prisma, способное обработать изображение в стиле известных художников с помощью нейронной сети. Стилизация происходит с помощью нейронной сети, которая подбирает множество вариантов преобразования фотографии.

Активное использование генеративного дизайна в архитектуре и строительстве началось в 2017 году, когда появились и были освоены программные средства, позволяющие составлять алгоритмы поиска формы и расположения объектов. [7, с. 8] Генеративный дизайн был назван «революционной технологией, использующей алгоритмы искусственного интеллекта для разработки изделия» [6, с. 2]. Эта технология позволяет сконцентрироваться на качестве проекта, оптимизации соотношения «архитектурная идея – функциональность», расширить возможности проектировщика. Помимо этого, было отмечено, что применение генеративного дизайна может повлиять на жизненный цикл здания в целом, а не только отражаться на этапе проектирования.

Нетрудно заметить из всего выше написанного, что генеративный дизайн используется практически повсеместно:

- В медицине генеративный дизайн имеет большие перспективы в имплантологии. Технология может позволить создавать структуры под конкретный организм, точно воссоздать трабекулярные структуры и шероховатость при имитации костей.
- В аэрокосмической промышленности генеративный дизайн используется с целью изучения новых возможностей проектирования и улучшения эксплуатационных характеристик. В авиации эта инновация уже применяется для решения сложных инженерных, архитектурных и системных задач.
- В автомобильной промышленности благодаря технологиям генеративного дизайна меняется архитектурная концепция автомобилей.
- В сфере розничной торговли генеративный задействован в генерировании уникальных форм, концепций для объектов продажи и их функциональности.



Рисунок 2 - Практические примеры генеративного дизайна в разных производственных сферах и областях

На основании того, что генеративный дизайн находит применение во многих сферах, зарубежные специалисты провели исследования [5, с. 3] и выделили такие направления технологии, как:

Топологическая оптимизация. Этот метод заключается в проектировании детали с условием: оптимизация структуры и поверхности; создание трабекулярных структур; синтез формы.

Одной из наиболее популярных областей применения генеративного дизайна, которую мы не рассмотрели, является строительство и архитектура. Эта технология находит широкое применение в сфере проектирования в связи с достаточным количеством преимуществ в виде оптимизации конструкций, сроков производства и следовательно – увеличением дохода. Но имеются и недостатки в технологии генеративного дизайна. В связи с тем, что генеративный дизайн — это относительно новая отрасль, в ней недостаточно опытных квалифицированных специалистов, обладающих знанием иностранного языка и языков программирования, присутствует некоторая сложность в отлаженности процессов в виде чрезмерного количества результатов, необходимы высокие начальные затраты на использование программ в коммерческих целях.

Но тем не менее, генеративный дизайн приобретает популярность за счет решения задач в архитектурном разделе проектов. Существуют примеры, в которых задействован генеративный дизайн, например, данная технология может помочь в создании формы крыши здания, формирования 3D-поверхностей стеновых панелей, оформлении интерьера и расстановке мебели. Для реализации всего перечисленного архитекторы часто используют Grasshopper и ArhiCAD. Кроме того, генеративный дизайн имеет практическую значимость и для специалистов по инженерным системам, в частности при расстановке какого-либо инженерного оборудования и при трассировке коммуникация с учетом оптимизации их протяженности.

В подтверждение вышесказанному можно привести пример применения генеративного подхода для проектирования офисов Autodesk Mars (Рисунок 3) исследовательской группой «The Living». Для того чтобы создать абсолютно объективную архитектуру здания, расположенного в Торонто, были задействованы данные об окружающей среде (солнечный свет, вид снаружи) и предпочтения работников (соседство, стиль работы и отвлекающие факторы). [8, с. 4]

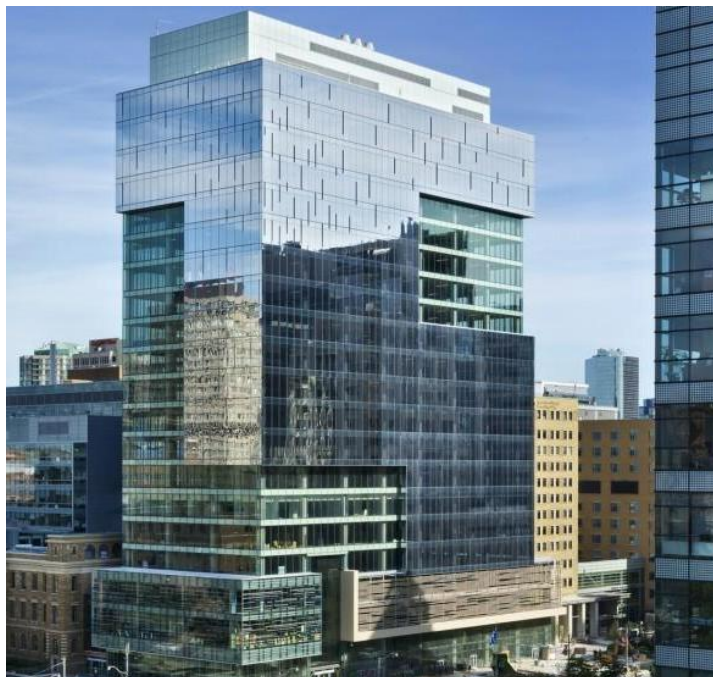


Рисунок 3 - Autodesk MaRS Office, The Living, Канада

То есть, генеративный дизайн также может иметь немаловажную роль в процессе координации проектных отделов между собой. Эта технология может использоваться для создания схемы функционального зонирования территории, задав параметры радиусов обслуживания для различных социально-значимых объектов (школы, больницы, учреждения дошкольного образования) [7, с. 6]. Но будет необходимо привлечение большого количества данных из различных информационных систем, в том числе геоинформационных, как и при проектировании офисов Autodesk Mars.

Принцип генеративного моделирования на примере крепления телескопа. Изначально модель выглядит следующим образом (Рисунок 5)



Рисунок 4 - Модель крепления телескопа

Впоследствии задания граничных условий и нагрузок, приходящихся на данное крепление, получаем результат расчета, приведенные на рисунке ниже.

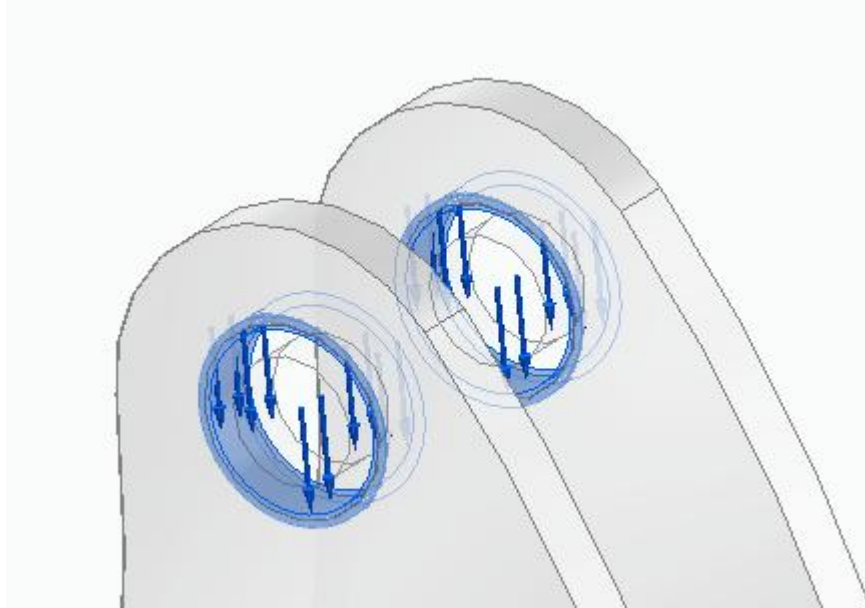


Рисунок 5 - Приложение нагрузок к отверстиям в креплении

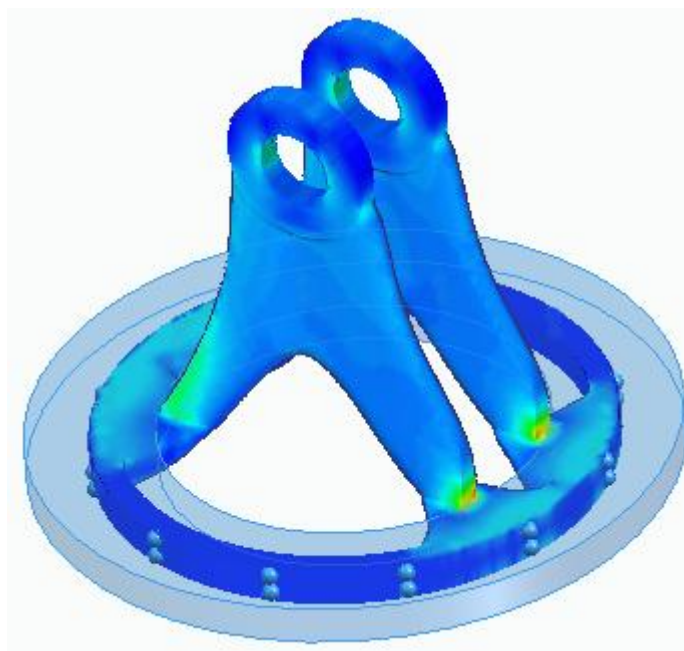


Рисунок 6 - Полученный результат расчета с использованием генеративного дизайна

На данном этапе предлагается проанализировать существующие программные комплексы, реализующие метод генеративного дизайна. Поскольку, как было сказано выше, генеративный дизайн имеет очень широкий спектр применения, то выберем несколько факторов, определяющих выбор и сценарий использования программного комплекса.

Первой программой для исследования является Fusion 360 от компании Autodesk. В своем арсенале программа имеет так называемый «решатель» (solver). В программе моделируется трехмерный объект, затем, при помощи данного решателя, к трехмерному объекту прилагаются нагрузки, и программа производит расчет напряжений и усилий к прилагаемому элементу на основе законов твердого/упругого тела. После чего, программа

строит диаграмму напряжений в рассматриваемом объекте и «отсекает» материал в тех точках, где напряжение минимальны или близки к нулю. При этом несущая способность элемента остается на прежнем уровне, а экономия материала может достигать 80%.



Рисунок 7 - Принцип работы генеративного дизайна в Fusion 360. Слева – модель, рассчитанная по законам механики, справа – оптимизированная генеративным дизайном модель

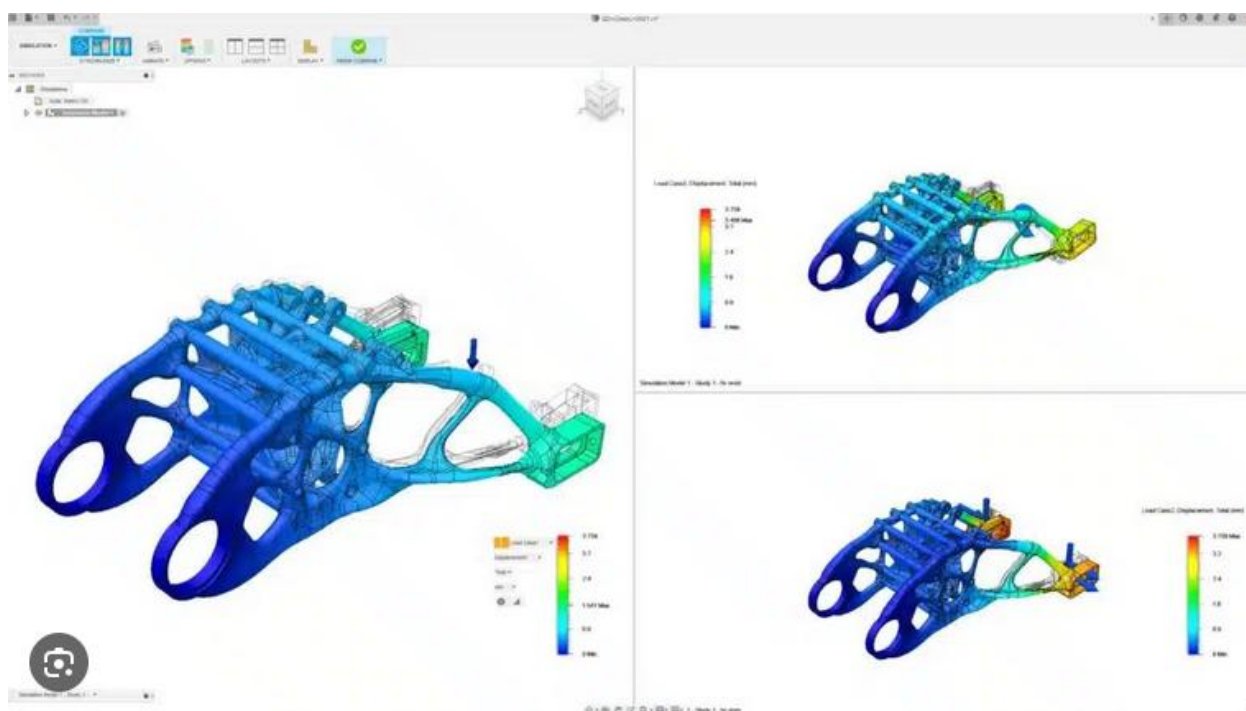


Рисунок 8 - Результат расчета твердого тела в Fusion 360

Это был один из примеров программ, реализующих метод генеративного дизайна при проектировании строительных конструкций.

В данной статье рассмотрено 7 программ в которых имеется функционал по работе с генеративным дизайном.

Основными критериями для анализа являются сложность в освоении ПО, доступность для различных платформ (windows, linux и т.д.), а также возможность работать с различными видами материалов.

Результаты анализа сведены в Таблицу 1.

Таблица 1 - Сводная таблица сравнительных характеристик ПО с использованием генеративного дизайна

Критерий	Autodesk Fusion 360	Creo Elements	Autodesk Revit	Solid Edge	Siemens NX	Ansys Discovery	Catia
Сложность	★★★	★★	★★★★		★★★★★	★	★
Стоимость	Средняя (отдельное дополнение к Fusion 360)	Средняя	Средняя (отдельное дополнение к Autodesk Revit)	Средняя	Высокая	Высокая	Высокая
ОС	Windows, MacOS	Windows	Windows	Windows	UNIX, Linux, MacOS, Windows	Windows, Linux	UNIX, Windows
Виды нагрузок	Сила, давление	Сила	Сила, давление	Сила, давление, крутящий момент	Сила, давление, крутящий момент	Сила, давление, крутящий момент	Сила, давление, крутящий момент
Металлические конструкции	Отлично	Отлично	Хорошо(4). Есть проблемы с армированием	Отлично	Отлично	Хорошо(4)	Отлично
Железобетонные конструкции	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Не работает
Деревянные конструкции	Удовлетворительно	Не работает	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Не работает

Источник: анализ автора

На основании результатов видно, что большинство программных продуктов отлично справляются с расчетом металлических конструкций. Сложности возникают только при расчете армирования в железобетонных конструкциях.

С расчетом железобетонных конструкций программы также справляются хорошо, но поскольку расчет таких конструкций является уже более сложной задачей, а их поведение менее предсказуемо, то возможностей по работе генеративного дизайна с бетоном становятся более ограниченными в сравнении с металлическими конструкциями.

Хуже всего дела обстоят с деревянными конструкциями. Большинство программ достаточно хорошо справляются непосредственно с расчетом конструкций, но применительно к генеративному дизайну, возможности сильно ограничены. Если же добавить сюда требования отечественных нормативов, то смысл в генеративном дизайне для деревянных конструкций теряет свою целесообразность, поскольку становится слишком много ограничительных условий для работы модуля генеративного дизайна.

Основные выводы, которые можно сформулировать на основании вышеизложенного:

1. Генеративный дизайн является хорошим инструментом при расчете строительных конструкций и экономии материала, при соблюдении определенных условий.
2. Генеративный дизайн отлично справляется с расчетом строительных конструкций, в большинстве случаев хорошо с железобетонными конструкциями и удовлетворительно с деревянными конструкциями.
3. Для расчета металлических конструкций можно выбрать любое из проанализированных ПО. В данном случае необходимо отталкиваться от критерия стоимости продукта, а также сложности его освоения.
4. В случае расчета железобетонных конструкций оптимальным выбором являются программы от компании Autodesk – Revit и Fusion 360. Основной проблемой может стать учет сложного армирования при оптимизации (экономии) материала. Данное ПО также имеет широкую базу знаний для обучения и не является самым сложным в освоении.
5. Генеративный дизайн имеет сильно ограниченный функционал, когда речь заходит о деревянных конструкциях. Дерево само по себе является сложным и слабопрогнозируемым для расчета материалом. Поэтому использование генеративного дизайна в данном случае может носить чисто визуальный характер и не рекомендуется для расчета строительных конструкций.

Список литературы

1. Айрапетян Н.Г., Зайцев А.А. Повышение эффективности использования земельного участка на основе генеративного дизайна // Журнал правовых и экономических наук. – 2021, 3 – С. 129-136.
2. Кошман, В. Д. Перспективы применения технологии генеративного дизайна в проектировании / В. Д. Кошман // Электронные системы и технологии [Электронный ресурс] : сборник материалов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18-22 апреля 2022 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2022. – С. 827–829. – Режим доступа : <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/46926>.
3. Промышленный дизайн Российской Федерации: возможность преодоления «дизайн-барьера»: учеб. пособие / под ред. М. С. Липецкой, С. А. Шмелевой; —СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012 — 80 с.

4. Ахунзянов А.Ф., Дектерев С.А. Генеративное проектирование: история, преимущества и ограничения в области архитектуры // Международный научный журнал «Молодой ученый» №19 (518) – 2024 – С. 38-40.
5. Engineering.com [Электронный ресурс]: The New Age of Highly Efficient Products Made with Generative Design. Режим доступа: <https://www.engineering.com/DesignSoftware/DesignSoftwareArticles/ArticleID/15136/The-New-Age-of-Highly-Efficient-Products-Made-with-Generative-Design.aspx> (дата обращения 21.11.2020).
6. Autodesk открывает лабораторию генеративного дизайна в Чикаго [Электронный ресурс]: // AUTODESK. Новости. Режим доступа: <https://sapr.ru/article/25681> (дата обращения 01.12.2020) ISICAD – Ваше окно в мир САПР [Электронный ресурс]: Авторы isicad. Рупиндер Тара. Режим доступа: <https://www.autodesk.ru/press-releases/2019-03-06> (дата обращения 21.11.2020).
7. Игнатова Е.В., Предеина В.П. Состояние и перспективы применения технологии генеративного дизайна в строительстве // Журнал «Строительство и архитектура» Том 9, № 1 – 2021 – С. 71-75.
8. Жандарова А.А., Денисенко Е.В. Предпосылки развития технологий в бионаправленной архитектуре // Журнал «Architecture and Modern Information Technologies» № 4 (61) – 2022 – С. 28-43.

References

1. Hayrapetyan N.G., Zaitsev A.A. Improving the efficiency of land use based on generative design // Journal of Legal and Economic Sciences, 2021, 3– pp. 129-136.
2. Koshman, V. D. Prospects of using generative design technology in design / V. D. Koshman // Electronic systems and technologies [Electronic resource] : collection of materials of the 58th scientific conference of graduate students, undergraduates and students of BSUIR, Minsk, April 18-22, 2022 / Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics ; editorial board: V. Likhachesky [et al.]. – Minsk, 2022. – pp. 827-829. – Access mode : <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/46926> .
3. Industrial design of the Russian Federation: the possibility of overcoming the "design barrier": textbook. manual / edited by M. S. Lipetsk, S. A. Shmeleva; —St. Petersburg: Publishing House of Polytechnic. University, 2012 — 80 p.
4. Akhunzyanov A.F., Dekterev S.A. Generative design: history, advantages and limitations in the field of architecture // International Scientific Journal "Young Scientist" No. 19 (518) – 2024 – pp. 38-40.
5. Engineering.com [Electronic resource]: The New Age of Highly Efficient Products Made with Generative Design. Access mode: <https://www.engineering.com/DesignSoftware/DesignSoftwareArticles/ArticleID/15136/The-New-Age-of-Highly-Efficient-Products-Made-with-Generative-Design.aspx> (accessed 11/21/2020).
6. Autodesk opens a generative design laboratory in Chicago [Electronic resource]: // AUTODESK. News. Access mode: <https://sapr.ru/article/25681> (accessed 12/01/2020) ISICAD – Your window into the world of CAD [Electronic resource]: isicad authors. Rupinder

Container. Access mode: <https://www.autodesk.ru/press-releases/2019-03-06> (accessed 11/21/2020).

7. Ignatova E.V., Predeina V.P. The state and prospects of using generative design technology in construction // Journal of Construction and Architecture Vol. 9, No. 1 – 2021 – pp. 71-75.
 8. Zhandarova A.A., Denisenko E.V. Prerequisites for the development of technologies in bionational architecture // Architecture and Modern Information Technologies Journal No. 4 (61) – 2022 – pp. 28-43.
-