

УДК 621.31

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ВЛИЯНИЯ РАЗВИТИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ С ГЕНЕРАТИВНЫМ ДИЗАЙНОМ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Москаленко Павел Анатольевич,

Магистр 519 группы Санкт-Петербургского государственного университета
промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-
Петербург, ул. Ивана Черных, 4
E-mail: Pavellange03@mail.ru

Нечитайлов Василий Васильевич,

Канд. техн. наук, доцент кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей Санкт-
Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна.
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.
E-mail: tsutd@rambler.ru

Аннотация

В статье представлен аналитический обзор влияния генеративных нейросетей на проектирование энергетических установок. Рассмотрены возможности применения этих сетей для создания новых форм, оптимизации параметров и учета ограничений. Проанализировано, как генеративные нейросети могут улучшить существующие методы проектирования, способствуя разработке более эффективных и устойчивых установок. Особое внимание уделено применению генеративно-состязательные сети, вариационные автоэнкодеры и трансформеры, а также интеграции с системами автоматизированного проектирования. Обозначены вызовы и перспективы развития генеративного дизайна в энергетике.

Ключевые слова: генеративный дизайн, автоматизированное проектирование, энергетические установки, машинное обучение.

ANALYTICAL REVIEW OF THE IMPACT OF THE DEVELOPMENT OF NEURAL NETWORKS WITH GENERATIVE DESIGN ON THE DESIGN OF POWER PLANTS

Pavel A. Moskalenko,

Master's degree of group 519,
St. Petersburg State University of Industrial Technology and Design.
Higher School of Technology and Energy, St. Petersburg, Ivan Chernykh Street, 4.
E-mail: Pavellange03@mail.ru

Vasily V. Nechitailov,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of heat power installations and heat engines,

St. Petersburg State University of Industrial Technology and Design.

Higher School of Technology and Energy, St. Petersburg, Ivan Chernykh Street, 4.

E-mail: tsutd@rambler.ru

ABSTRACT

The article presents an analytical review of the influence of generative neural networks on the design of power plants. The possibilities of using these networks for creating new shapes, optimizing parameters and considering constraints are considered. It is analyzed how generative neural networks can improve existing design methods, contributing to the development of more efficient and sustainable plants. Particular attention is paid to the application of GAN, VAE and Transformer, as well as integration with CAD systems. Challenges and perspectives of generative design in the energy industry are outlined.

Keywords: generative design, computer-aided design, energy plants, machine learning.

Современное энергетическое сообщество сталкивается с комплексом задач, связанных с устойчивым развитием и энергоэффективностью. Необходимость разработки инновационных и экономически выгодных решений для генерации, передачи и потребления энергии становится все более актуальной. Традиционные методы проектирования энергетических установок, основанные на итерационных подходах и экспертной оценке, часто ограничены в своих возможностях по оптимизации и генерации принципиально новых форм и конструкций. Развитие технологий искусственного интеллекта, в частности генеративных нейросетей (далее ГНС), открывает новые горизонты в этой области, предоставляя инструменты для автоматизированного проектирования и поиска инновационных решений.

Данная статья представляет собой аналитический обзор влияния генеративных нейросетей на процесс проектирования энергетических установок. Рассматриваются потенциальные возможности использования генеративных нейросетей для создания новых форм и структур, оптимизации параметров и учета ограничений, характерных для энергетических установок. Основная цель – проанализировать, как генеративные нейросети могут дополнить и улучшить существующие методы проектирования, способствуя разработке более эффективных, устойчивых и экономически выгодных энергетических установок. В работе будет рассмотрено применение различных типов генеративных нейросетей, таких как генеративно-состязательные сети (далее – ГНС), вариационные автоэнкодеры (далее – ВАЭ) и трансформеры, в контексте оптимизации энергетических параметров и генерации новых геометрических форм. Также будет оценена роль автоматизированного проектирования и интеграции генеративных нейросетей с существующими системами автоматизированного проектирования (далее – САПР), а также обозначены вызовы, связанные с интерпретируемостью решений, обучением на ограниченном наборе данных и требованиями к вычислительным ресурсам.

Генеративные нейросети представляют собой класс моделей машинного обучения, способных генерировать новые данные, подобные данным, на которых они были обучены. Ключевыми архитектурами ГНС, используемыми в генеративном дизайне, являются генеративно-состязательные сети и вариационные автоэнкодеры. ГНС состоят из двух

сетей: генератора и дискриминатора, которые соревнуются друг с другом, что приводит к постепенному улучшению качества генерируемых данных. ВАЭ стремятся закодировать входные данные в компактное представление и затем декодировать это представление, создавая новые данные. Трансформеры хотя и не являются строго генеративными сетями, также демонстрируют потенциал в генеративном дизайне, предоставляя возможности для анализа и преобразования сложных структур данных [1]. Выбор конкретной архитектуры ГНС зависит от сложности задачи и доступного объема данных.

Существующие системы автоматизированного проектирования играют важную роль в современной инженерной практике. Они обеспечивают инструменты для моделирования, анализа и визуализации, однако часто ограничены итерационными подходами и сложностью оптимизации сложных систем. Традиционные САПР-системы часто требуют значительного человеческого вмешательства и экспертной оценки на всех этапах проектирования. Генеративные нейросети могут помочь автоматизировать и дополнить эти методы, предоставляя новые возможности для быстрого исследования большого количества вариантов и поиска оптимальных решений. Для лучшего понимания различий между традиционным и генеративным подходами к проектированию, приведем таблицу 1, сравнивающую их ключевые характеристики.

Таблица 1. Сравнение традиционного и генеративного подхода к проектированию энергетических установок.

Характеристика	Традиционный подход	Генеративный подход
Скорость проектирования	Относительно медленная, итерационный процесс	Значительно быстрее, автоматизированный поиск решений
Возможности оптимизации	Ограничены человеческим опытом и временем	Широкие возможности, автоматическая оптимизация
Уровень инноваций	Ограничен текущими знаниями и шаблонами	Возможность генерировать радикально новые решения
Человеческий фактор	Зависимость от экспертного мнения	Снижение зависимости от экспертного мнения
Ресурсы	Требуются значительные временные и человеческие ресурсы	Снижение требуемых ресурсов

Как видно из таблицы, генеративный подход обещает существенные преимущества по сравнению с традиционными методами [2]. Далее рассмотрим, как эти преимущества могут быть реализованы на практике.

Энергетические установки характеризуются широким спектром типов и архитектур, начиная от традиционных тепловых электростанций до современных солнечных и ветровых парков. Каждый тип характеризуется определенными ограничениями и требованиями к конструкции, включая материаловедение, геометрию, надежность и энергоэффективность. Понимание этих особенностей важно для выбора подходящей архитектуры генеративной нейросети и определения подходящих параметров обучения.

Генеративные нейросети открывают захватывающие возможности для оптимизации и инноваций в проектировании энергетических установок. Они могут быть использованы для генерации новых конструкций, оптимизации геометрических параметров, выбора материалов и минимизации затрат. Например, ГНС могут генерировать различные варианты конфигураций солнечных панелей, учитывая местные погодные условия и

геометрические ограничения. Результатом может быть существенное повышение эффективности преобразования солнечной энергии [3]. Аналогично, в проектировании ветровых турбин ГНС могут генерировать новые формы лопастей, оптимизируя аэродинамические характеристики при минимизации массы и стоимости.

Более того, ГНС могут быть интегрированы в процессы оптимизации, учитывая множество ограничений, связанных с проектированием энергетических установок. Эти ограничения могут включать физические свойства материалов, механические напряжения, требования к безопасности, экологические нормативные акты и экономические факторы. Обучение ГНС на основе данных о предыдущих проектах и характеристиках материалов позволит им учитывать эти ограничения при генерации новых дизайнов. Это может привести к созданию более надежных и эффективных энергетических установок с минимальными затратами.

Одним из ключевых преимуществ применения ГНС является их способность генерировать большое количество вариантов дизайна. Это позволяет проводить более всесторонний анализ и находить решения, которые могут быть упущены традиционными методами. Итеративный характер работы с ГНС также может быть использован для тонкой настройки и улучшения начальных дизайнов, что позволит получить решения с высокой степенью оптимизации. Важно также подчеркнуть, что ГНС могут быть использованы для изучения потенциального влияния новых технологий на энергетические установки. Обучение на данных об альтернативных источниках энергии, таких как водородообеспечивающие системы или установки с термоядерным синтезом, может открыть новые области для инновационного проектирования.

Несмотря на значительный потенциал, использование генеративных нейросетей в проектировании энергетических установок сталкивается с рядом вызовов. Одним из ключевых является вопрос интерпретируемости результатов. Как можно объяснить, почему ГНС сгенерировала конкретный дизайн? Более глубокое понимание процессов принятия решения ГНС крайне важно для эффективного внедрения полученных результатов в инженерную практику [4]. Кроме того, обучение ГНС требует больших объемов данных, что может быть проблематично для новых и сложных типов энергетических установок.

Однако, с развитием технологий и наращиванием доступных данных, эти вызовы будут преодолеваются. Будущие исследования могут быть направлены на разработку новых архитектур ГНС, более адаптированных к задачам проектирования энергетических установок [5]. Более совершенные методы интерпретации решений, а также разработка способов автоматического валидирования генерируемых дизайнов позволят увеличить степень доверия к результатам.

Интеграция ГНС с существующими САПР также является перспективным направлением исследований. Создание гибких и эффективных интерфейсов позволит пользователям легко использовать полученные результаты в стандартных рабочих процессах проектирования. Это позволит ускорить процесс разработки и внедрения инновационных энергетических установок, сделав их доступными для широкого применения [6].

Генеративные нейросети предоставляют уникальную возможность для революции в проектировании энергетических установок. Их способность генерировать новые формы и структуры, оптимизировать параметры и учитывать сложные ограничения делает их мощным инструментом для решения современных энергетических задач. Несмотря на имеющиеся вызовы, будущее развития генеративного дизайна в энергетике многообещающе и открывает путь к созданию более эффективных, устойчивых и доступных энергетических систем. Дальнейшие исследования и разработки в этом направлении будут играть важную роль в достижении целей устойчивого развития в энергетике.

Список литературы:

1. Иванов, А. Н. Аналитический обзор истории развития нейросетевых архитектур и алгоритмов / А. Н. Иванов, С. А. Мустафина, Н. Д. Морозкин // Вестник Технологического университета. – 2019. – Т. 22, № 8. – С. 156-163.
2. Тюдешев, К. В. Происхождение, проблемы и перспективы развития нейронных сетей / К. В. Тюдешев // Академическая публицистика. – 2023. – № 7-2. – С. 80-86.
3. Soldatova, I. D. The feasibility of using an energy-efficient “Smart Home” system / I. D. Soldatova, M. S. Lipatov // Theory and Practice of Modern Science: the View of Youth, 24 ноября 2022 года. – Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2023. – P. 284-289. – EDN UPUUFG.
4. Коновалов, П. Н. Внедрение современной АСУТП системы управления и контроля котлоагрегатов и турбин Автовской ТЭЦ-15 / П. Н. Коновалов, М. С. Липатов // Энергетика и автоматизация в современном обществе : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 06 ноября 2018 года / Под редакцией Т.Ю. Коротковой. Выпуск 2. – Санкт-Петербург: СПбГУПТД, 2018. – С. 176-178. – EDN VXGDVK.
5. Гозалова, А. В. Перспективные направления цифровизации образовательного процесса в высшей школе / А. В. Гозалова // Вестник Академии знаний. – 2020. – № 40(5). – С. 116-120.
6. Зинченко, Ю. В. Обзор современных систем автоматизированного проектирования / Ю. В. Зинченко, А. А. Голобородько // Потенциал современной науки. – 2016. – № 4(21). – С. 68-71.

References:

1. Ivanov, A. N. An analytical review of the history of the development of neural network architectures and algorithms / A. N. Ivanov, S. A. Mustafina, N. D. Morozkin // Bulletin of the Technological University. – 2019. – Vol. 22, No. 8. – pp. 156-163.
2. Tyudeshev, K. V. Origin, problems and prospects of development of neural networks / K. V. Tyudeshev // Academic journalism. – 2023. – No. 7-2. – pp. 80-86.
3. Soldatova, I. D. The possibility of using an energy-efficient “Smart Home” system / I. D. Soldatova, M. S. Lipatov // Theory and Practice of Modern Science: the View of Youth, November 24, 2022. – St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, 2023. – P. 284-289. – EDN UPUUFG.
4. Konovalov, P. N. Introduction of a modern automated control system for control and control of boilers and turbines of Avtovskaya CHPP-15 / P. N. Konovalov, M. S. Lipatov // Energy and automation in modern society: Proceedings of the II All-Russian Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, November 06, 2018 / Edited by T.Y. Korotkova. Issue 2. – St. Petersburg: SPbGUPTD, 2018. – pp. 176-178. – EDN VXGDVK.
5. Gozalova, A.V. Promising directions of digitalization of the educational process in higher education / A.V. Gozalova // Bulletin of the Academy of Knowledge. – 2020. – № 40(5). – Pp. 116-120.
6. Zinchenko, Yu.V. Review of modern computer-aided design systems / Yu. V. Zinchenko, A. A. Goloborodko // The potential of modern science. – 2016. – № 4(21). – Pp. 68-71.