

Сергей Поддубко,
генеральный директор Объединенного
института машиностроения
НАН Беларуси, кандидат технических
наук, доцент

Виктор Бохонко,
начальник отдела промышленного
дизайна Республиканского
компьютерного центра
машиностроительного профиля (РКЦМП)
ОИМ НАН Беларуси

Вадим Ивченко,
заместитель начальника РКЦМП ОИМ
НАН Беларуси

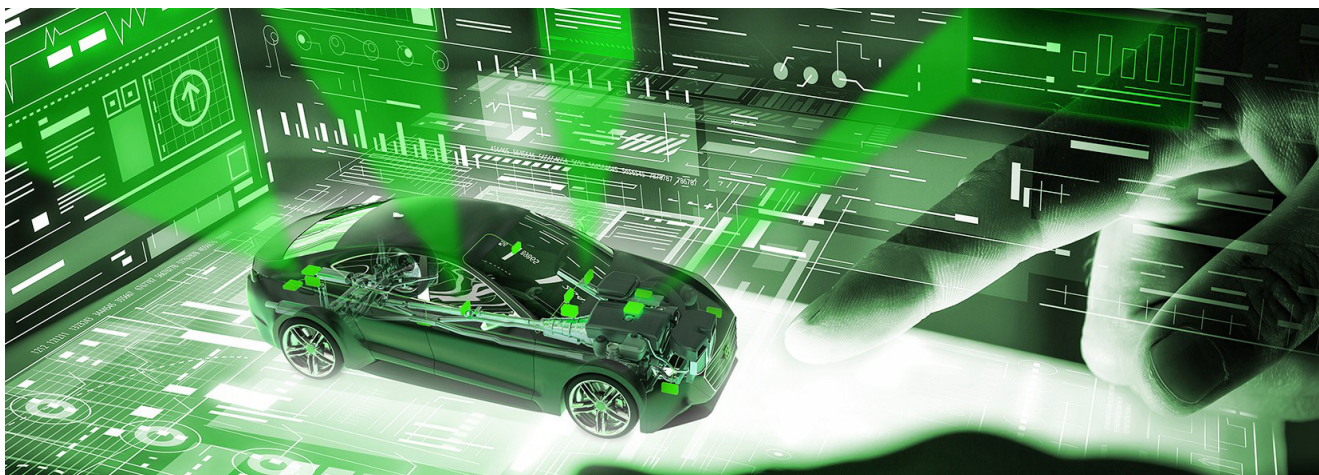
Дмитрий Павлович,
дизайнер 2-й категории отдела
промышленного дизайна РКЦМП ОИМ
НАН Беларуси

Ольга Мойсей,
научный сотрудник отдела
промышленного дизайна РКЦМП ОИМ
НАН Беларуси

Актуальное состояние и перспективы

применения технологий искусственного интеллекта в автомобильном дизайне

УДК 658.512.2; 004.896



Современный автомобиль относится к категории наукоемкой продукции, продвижение которой на рынке сопряжено с жесткой конкуренцией. В связи с этим внедрение инноваций и передовых цифровых технологий в автопроме – одно из ключевых условий для поддержания конкурентоспособности, удовлетворения изменяющихся и растущих запросов потребителей, повышения производительности и сокращения издержек. Важную роль в конкурентоспособ-

ности автомобилей играет их дизайн. Он не только формирует эстетическое восприятие, но и решает вопросы комфорта, безопасности, эффективности и экономичности, а также помогает в четком позиционировании на целевом рынке [1–5].

Процессы и средства разработки машин в соответствии с общемировыми трендами подвергаются масштабной цифровой трансформации, открывающей новые перспективы для повышения их эффективности за счет создания и применения принципиально новых решений и технологий. Автомобильный

дизайн также становится площадкой для испытаний и внедрения передовых технологических инноваций.

В Республике Беларусь задачи изучения и интеграции современных цифровых технологий проектирования в процесс разработки машин в наиболее комплексном виде реализуются на базе центра коллективного пользования Республиканского компьютерного центра машиностроительного профиля (РКЦМП) Объединенного института машиностроения НАН Беларуси. Нашими специалистами разработаны и успешно внедряются методы выполнения компьютерных междисциплинарных расчетных исследований прочности и долговечности, газодинамики, акустики, тепловых процессов машин и компонентов, их виртуальных испытаний, реверс-инжиниринга, а в области дизайн-проектирования – технологий создания и редактирования цифровых изображений, трехмерного проектирования, виртуальной и дополненной реальности (VR и AR), 3D-печати и др. Это закладывает фундаментальные основы масштабной цифровизации процесса моделирования инновационной продукции.

На рис. 1 представлены примеры наиболее значимых разработок ОИМ НАН Беларуси по автомобильной тематике, реализованных на базе современных цифровых технологий и выполненных в рамках концепции сквозного цифрового проектирования.

Одно из перспективных направлений совершенствования дизайн-проектирования – применение технологий искусственного интеллекта (ИИ), помогающих расширить возможности дизайнера, повысить качество продукции, автоматизировать процессы и сократить сроки и затраты на разработку. Ожидается, что в конечном итоге внедрение ИИ приведет к пересмотру роли человека, методов и инструментов проектирования, существенно ускорив и повысив эффективность работы [6–8]. Поэтому целесообразно изучать передовой мировой опыт использования ИИ в дизайне и разрабатывать собственную методологическую базу его интеграции в проектирование.

Среди преимуществ использования ИИ: автоматизация и оптимизация сложных процессов и задач, в том числе связанных с обработкой больших объемов данных; гибкие возможности по их персонализации, что способствует повышению точности и достоверности, росту производительности и снижению затрат на решение сложных, информационно емких проектов; стабильные результаты. Среди недостатков можно отметить существование рисков, связанных с обеспечением безопасности данных, а также с отсутствием нормативного регулирования сферы ИИ (вопросы авторского права, ответствен-



Рис. 1. Дизайн автомобильной техники в среде виртуальной реальности: а – электромобиль-пикап, б – городской электробус, в – грузовой электромобиль, г – перронный электробус

ности за принимаемые решения, вмешательства в частную жизнь и т.п.); возможность возникновения зависимости от технологии. Данные моменты следует учитывать при разработке и применении систем ИИ [9, 10].

Системы ИИ обрабатывают большие объемы обучающих данных, анализируя их на предмет корреляции и закономерностей, а затем используют полученные результаты для генерации новой информации. Благодаря этому в соответствии с поставленными целями и задачами могут быть распознаны образы или речь, выполнен анализ текста, сгенерирована информация (текст, изображение и т.п.), спрогнозировано событие, оптимизирован процесс и т.д. Большинство сценариев применения ИИ основано на отработанных методах, которые можно разделить на три основные категории: вероятностные рассуждения, вычислительная логика и методы оптимизации. Каждый из множества инструментов ИИ, таких как символьные системы (Symbolic AI), машинное обучение (Machine Learning), нейронные сети (Neural Networks), включающие глубокое обучение; генетические алгоритмы (Genetic Algorithms), обработка естественного языка (Natural Language Processing, NLP), робототехника (Robotics) и др., ориентирован на решение определенных задач и проблем и может использоваться в комбинации с другими средствами для различных целей [11–13]. Одним из таких наиболее перспективных и активно развивающихся инструментов являются нейронные сети.

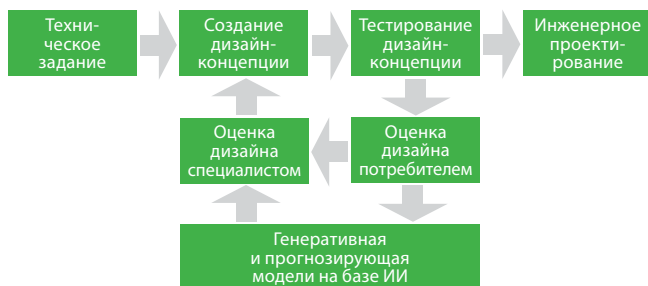


Рис. 2. Усовершенствованный процесс дизайн-проектирования и тестирования продукции с использованием технологий ИИ [14]



Рис. 3. Примеры сгенерированного дизайна по критериям эстетической привлекательности (а) и эстетической инновационности (б) [14]

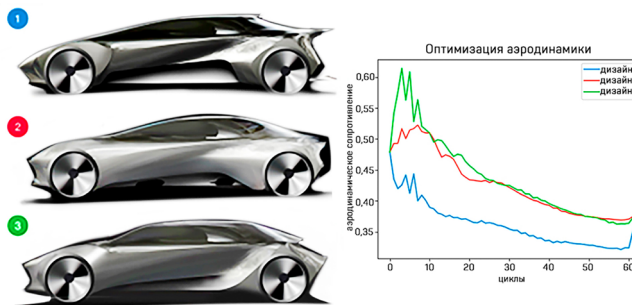


Рис. 4. Оптимизация дизайна легкового автомобиля с инженерными ограничениями по аэродинамическому сопротивлению воздуха [16]

ИИ в промышленном дизайне

Обзорно-аналитические исследования показали, что области прикладного применения ИИ при разработке автомобильного дизайна достаточно разнообразны. Например, он может задействоваться для усовершенствования процесса дизайн-проектирования автомобиля и тестирования продукции [14] путем добавления этапов создания и оценки дизайна по заданным критериям (эстетичность, инновационность, спортивность, традиционность и др.) с помощью программных средств на базе технологий машинного обучения (рис. 2). Генеративная модель представляет оригинальные варианты дизайна изделия с заданными человеком атрибутами. При тестировании прогнозирующая модель помогает исключить проекты, которые могут получить низкую оценку при дальнейшей экспертизе, а также дает подсказки для поиска оптимального баланса между эстетической привлекательностью автомобиля и эстетической инновационностью, так как слишком эстетически инновационный автомобиль воспринимается чрезмерно авангардным и теряет привлекательность в качестве массового продукта, а недостаточно инновационный быстро устаревает.

На рис. 3 представлены различия между сгенерированными ИИ вариантами дизайна: с прогнозируемо наиболее эстетически привлекательной (а) и эстетически инновационной (б) конструкциями автомобиля.

Применение представленной концепции позволяет сократить затраты на разработку дизайна, создание изделия и время отбора (отсеивания) проектов. Так, обученная модель ИИ по сравнению с традиционными устройствами машинного обучения и предварительно обученными глубокими нейронными сетями смогла на 43,5% точнее предсказать привлекательность эстетического восприятия

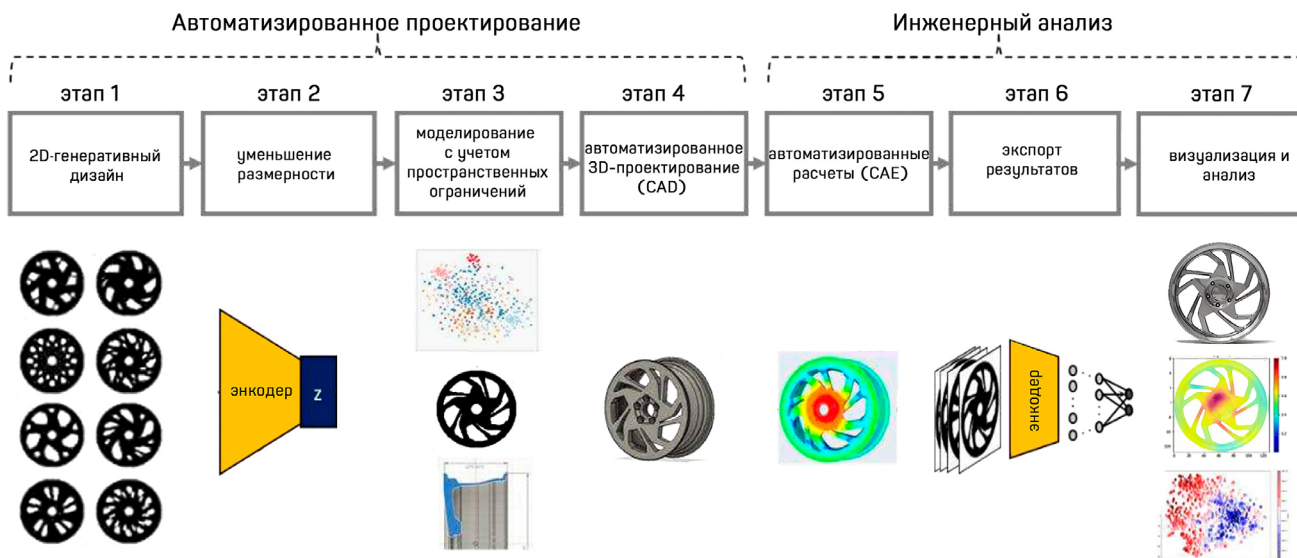


Рис. 5. CAD/CAE проектирование с использованием методов генеративного дизайна и глубокого обучения [17]

нового дизайна потребителями. Прогноз модели и потребителей совпал в 74% случаев [14].

Для сопровождения процесса рестайлинга дизайна автомобиля может использоваться вычислительная платформа GEO (Gene Expression Omnibus), основанная на машинном обучении, включающая 3 компонента: генератор дизайна на основе StyleGAN2, создающий различные проекты рестайлинга; вычислитель на основе сверточной нейронной сети (CNN), оценивающий дизайн с точки зрения эстетики; рекуррентный нейронный оптимизатор решений (RNN), выбирающий дизайн для максимизации прогнозируемой прибыли от выбранной модели автомобиля с течением времени [15]. Представленный генератор и алгоритм рестайлинга могут включать новые элементы дизайна в существующие конструкции, сохраняя при этом преемственность внешнего вида отдельных элементов базовой модели автомобиля.

Исследовательский институт Toyota Research Institute (TRI) представил инновационный инструмент генеративного ИИ, позволяющий создавать эскизы дизайна автомобилей на базе текстового

описания. Важной особенностью при этом является возможность оптимизировать при работе над эскизами прототипа количественные показатели эффективности машины с учетом накладываемых физических ограничений. Методические подходы по объединению принципов теории оптимизации, широко используемой в компьютерной инженерии, с генеративным ИИ на основе преобразования текста в изображение представлены TRI в [16]. Разработанный алгоритм позволяет неявно интегрировать такие накладываемые на характеристики транспортного средства ограничения, как величина лобового сопротивления, напрямую влияющая на топливную экономичность; габаритные параметры (размеры кузова, дорожный просвет и т.п.), от которых зависит управляемость, эргономика и безопасность, при этом генерируя изображения, соответствующие заданным дизайнером стилистическим принципам. Пример полученных средствами TRI вариантов оптимизированного дизайна легкового автомобиля с установленными ограничениями по аэродинамическому сопротивлению воздуха представлен на рис. 4.



Рис. 6. Результаты генерации изображений нейросетями: а – Midjourney, б – Stable Diffusion, в – Kandinsky

Представленный метод помогает существенно ускорить процесс проектирования за счет более быстрого и эффективного достижения баланса между эстетикой и показателями эффективности автомобиля. Дизайнеры могут сосредоточиться на выявлении важных стилистических аспектов проекта, будучи уверенными в соблюдении наложенных технических ограничений.

Помимо работы с общей формой автомобиля, проводятся перспективные исследования по применению методов генеративного дизайна и глубокого обучения в автоматизированном проектировании (CAD) и инженерном анализе (CAE) для создания и оценки концептуальных проектов дизайна компонентов. На *рис. 5* представлена методика автоматического генерирования различных вариантов дизайна дисков колес и их оценки по физическим характеристикам, таким как прочность, жесткость и масса. Разработанная для реализации данного алгоритма система обеспечивает быструю обратную связь относительно технических характеристик конструкции, что позволяет дизайнерам и инженерам эффективно сотрудничать и принимать обоснованные совместные решения на самых ранних этапах проектирования.

Представленные исследования раскрывают наиболее перспективные направления применения технологий ИИ в дизайн-проектировании, а также позволяют составить общее представление о пересмотре и расширении его роли в процессе разработки инновационной продукции. При этом дизайнерам уже сейчас доступен ряд инструментов, пригодных для прикладного использования технологий ИИ, в том числе адаптированных для генерирования высокореалистичных изображений экстерьера легковых автомобилей, что расширяет возможности специалистов, увеличивая количество вариантов идей для дальнейшей проработки дизайн-концепции, повышает качество и уровень автоматизации работы, а также сокращает сроки и затраты на создание объекта.

Апробация технологий ИИ при разработке дизайна автомобилей

Инструментами для генерации изображений на базе технологий ИИ могут выступать такие веб-сайты и приложения, действующие с применением нейросетей, как DALL-E 2, Google's AutoML, Autodesk Generative Design, Fusion Brain и др. В автомобильном дизайне наиболее востребованы нейросети Midjourney, Kandinsky, Stable Diffusion, Gravity Sketch и Vizcom. Генерация изображений ими осуществляется следующими способами: по текстовому описанию (Prompt), на основе задаваемого пользователем эскиза, а также путем сочетания указанных способов.

Недостатками подхода генерации изображений с использованием текстового описания являются: ограниченные возможности представления сложных дизайнерских идей, невозпроизводимость получаемых результатов и отсутствие точного контроля процесса «донастройки» изображений. Генерация на основе задаваемого пользователем рисунка способна предоставить более детализированную информацию о форме, композиции и других ключевых визуальных элементах.

Для демонстрации возможностей различных нейросетей далее будут приведены результаты создания изображений с использованием текстового описания, характеризующего дизайн электрического кроссовера с футуристическим внешним видом, аэродинамическими формами и окрашенными в красный цвет облицовочными деталями кузова, а также с помощью авторских эскизов дизайна экстерьера легкового электроавтомобиля.

Нейросети Midjourney [18] и Stable Diffusion [19] позволяют получать генеративные изображения по текстовым описаниям. Веб-сайт Kandinsky [20], разработанный компанией Sber AI, является российской нейросетью, аналогичной Midjourney. Он поддерживает русский язык, создает изображения по текстовому описанию и/или на основе задаваемых изображений. На *рис. 6* представлены при-



Рис. 7. Генерация изображений нейросетью Artbreeder Mixer: а, б – заданные пользователем изображения; в, г – сгенерированные изображения

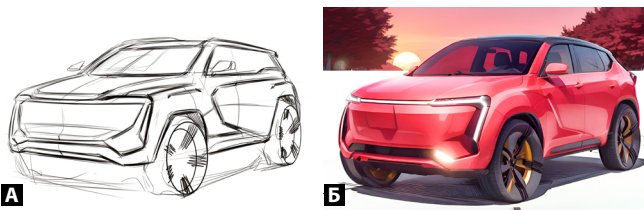


Рис. 8. Результаты генерации изображений нейросетью PromeAI: а – заданный пользователем эскиз; б – сгенерированное изображение

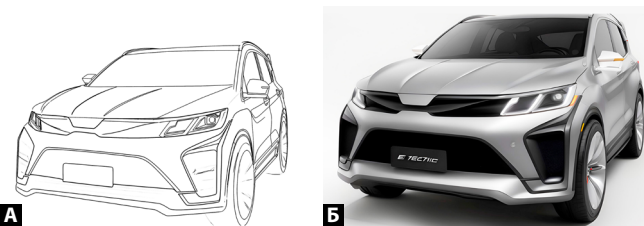


Рис. 9. Результаты генерации изображения нейросетью Vizcom: а – заданный пользователем эскиз; б – сгенерированное изображение

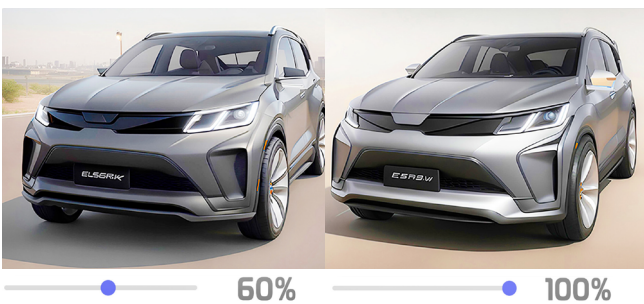


Рис. 10. Результаты генерации изображений нейросетью Vizcom с разным соответствием исходным данным



Рис. 11. Результаты генерации изображений нейросетью Vizcom с разными настройками стиля

меры полученных дизайнерами РКЦМП результатов генерации изображений электрического кроссовера с использованием указанных нейросетей.

При генерации по задаваемым пользователем изображениям могут использоваться исходные рисунки разной степени детализации, в том числе эскизы. В нейросети Artbreeder Mixer генерация может осуществляться посредством смешения стилей, заданных пользователем. Пример результатов работы нейросети показан на рис. 7.

На рис. 8 представлен результат генерации изображения легкового электрического кроссовера нейросетью PromeAI на основе загруженного эскиза, сделанного вручную.

Нейросеть Vizcom (Visual Communication) [21] имеет встроенный модуль с инструментами рисования для разработки пользовательских эскизов, которые наравне с загружаемыми изображениями (оцифрованными ручными эскизами, фотографиями, уже имеющимися генеративными рисунками и т.п.) могут использоваться для последующей обработки нейросетевыми алгоритмами по заданным текстовым описаниям или настройкам. Результат генерирования изображения легкового электромобиля по разработанному в векторном стиле эскизу с использованием нейросети Vizcom представлен на рис. 9.

Благодаря широкому диапазону настроек данная нейросеть может выдавать уникальные генеративные изображения для одинаковых исходных параметров. Например, в программе можно регулировать степень соответствия генерируемого изображения заданным исходным данным (рис. 10) или использовать предустановленные стили: для создания фотореалистичных изображений (Vizcom General), эскизов (Automotive Exterior), трехмерных отображений объектов (Volume Render) и др. (рис. 11), а также подключать собственные настройки, что можно использовать при необходимости сохранения корпоративного стиля, учета нишевых ограничений или особенностей локальных рынков.

Возможности нейросетей Artbreeder Mixer и Vizcom могут быть эффективно использованы при

поиске стилистических решений в ходе совершенствования дизайна существующих конструкций автомобилей (рестайлинге) при наличии концептуальных эскизных решений по доработке их внешнего вида.

Опыт создания высокореалистичных генеративных изображений показал, что применение ИИ для данных целей ускоряет процесс поиска дизайнерских идей, улучшает качество изображений и расширяет возможности для вариативного представления первоначальной дизайн-концепции. Данная технология активно внедряется в процесс дизайн-проектирования автомобилей. Наряду с другими современными программными и техническими средствами (планшеты, очки виртуальной и дополненной реальности, 3D-принтеры, графические редакторы и др.) технологии ИИ способствуют масштабной цифровизации процесса дизайн-проектирования.

Применение технологий ИИ в промышленном дизайне в первую очередь направлено на расширение возможностей человека, повышение качества результатов его деятельности, уровня автоматизации, снижение сроков и затрат на разработку. Актуальность их внедрения в дизайн-проектирование подтверждается наличием большого количества теоретических и прикладных изысканий в данной области, в том числе относящихся непосредственно к созданию дизайна автомобиля, а также результатами представленного исследования.

Апробация процесса создания высокореалистичных рендерных изображений легковых электромобилей продемонстрировала пригодность нейронных сетей Midjourney, Stable Diffusion, Kandinsky, Artbreeder Mixer, PromeAI и Vizcom для решения прикладных задач, подтвердила, что их применение ускоряет процесс поиска дизайн-идей, повышает качество изображений, существенно расширяет возможности вариативного представления дизайн-концепции.

На базе полученных результатов в Объединенном институте машиностроения НАН Беларуси разрабатываются методические основы сквозного цифрового проектирования автомобилей с учетом встраивания в процесс дизайн-проектирования технологий ИИ, а также выполняются прикладные пилотные проекты по данной тематике. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Денисенко В.В. Использование искусственного интеллекта для обработки персональных данных / В.В. Денисенко [и др.] // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. №7–1. С. 110–114.
2. Андреев А.В. Искусственный интеллект и его роль в обработке больших данных / А.В. Андреев // Умная цифровая экономика. 2023. Т. 3, №1. С. 65–69.
3. Chuxiao H. Application of Artificial Intelligence Technology in Smart Car Design / H. Chuxiao // Highlights in Science, Engineering and Technology (MECAE 2022). 2022. №15. С. 322–325.
4. Чжан Ц. Современное состояние и развитие искусственного интеллекта и больших данных / Ц. Чжан // Инновации. Наука. Образование. 2022. №50. С. 2436–2446.
5. Матюшок В.М. Мировой рынок систем и технологий искусственного интеллекта: становление и тенденции развития / В.М. Матюшок [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. 2020. Т. 28. №3. С. 505–521.
6. Lab Maharaj Revolutionizing Automotive Design with Artificial Intelligence // <https://medium.com/@labmaharaj/revolutionizing-automotive-design-with-artificial-intelligence-b1ceff124b5b>.
7. Abduljabbar R. Applications of Artificial Intelligence in Transport: An Overview / R. Abduljabbar [et al.] // Sustainability. 2019. №11(1). P. 189.
8. Yüksel N. Review of artificial intelligence applications in engineering design perspective / N. Yüksel [et al.] // Engineering Applications of Artificial Intelligence. Vol. 118, 2023. 105697.
9. Фролова Н.Ю. Дизайн в контексте постгуманизма / Н.Ю. Фролова // Культурные индустрии «Человек в социокультурном измерении». 2022. №1. С. 57–63.
10. Нейросети и искусственный интеллект: различия и взаимосвязь // <https://neiroseti.tech/interesnoe/nejroseti-i-iskusstvennyj-intellekt/>.
11. Иванько А.Ф. Нейронные сети: общие технологические характеристики / А.Ф. Иванько [и др.] // Научное обозрение. Технические науки. 2019. №2. С. 17–23.
12. Дрюкова А.Э. Использование нейронных сетей в индустриальном дизайне / А.Э. Дрюкова [и др.] // Дизайн. Материалы. Технология. 2022. №2(66). С. 24–29.
13. Попов Н.Р. Нейронные сети и их применение / Н.Р. Попов, Д.В. Еремина // Актуальные вопросы науки и экономики: новые вызовы и решения: сб. материалов LIII Международ. студ. науч.-практ. конф. 2019. С. 475–479.
14. Burnap A. Product Aesthetic Design: A Machine Learning Augmentation / A. Burnap [et al.] // Marketing Science. 2023. Vol. 42 (Iss.6.). P. 1029–1056.
15. Huang J. GEO: A computational design framework for automotive exterior facelift / J. Huang [et al.] // ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data. 2023. 17(6), No. 82. P. 1–20.
16. Arechiga N. Drag-guided diffusion models for vehicle image generation / N. Arechiga [et al.] // https://www.researchgate.net/publication/371684712_Drag-guided_diffusion_models_for_vehicle_image_generation.
17. Yoo S. Integrating deep learning into CAD/CAE system: generative design and evaluation of 3D conceptual wheel / S. Yoo [et al.] // Structural and Multidisciplinary Optimization. 2021. Vol. 64, No. 4, P. 2725–2747.
18. Midjourney // <https://www.midjourney.com/home>.
19. Scribble Diffusion // <https://vercel.com/templates/next.js/scribble-diffusion>.
20. Kandinsky 3.1 // <https://www.sberbank.com/promo/kandinsky>.
21. Accelerating the Journey from Sketch to Production // <https://www.vizcom.ai>.

