

Искусственный интеллект на этапах жизненного цикла цифровых устройств

©Д.В. Селин

Машиностроительный колледж Иркутского национального исследовательского технического университета, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Статья посвящена применению искусственного интеллекта на всех этапах жизненного цикла цифровых устройств – от проектирования и производства до эксплуатации и утилизации. Рассматриваются ключевые технологии, практические кейсы, возникающие вызовы и перспективы развития. Особое внимание уделено роли ИИ в обеспечении эффективности, устойчивости и инновационности электроники.

Ключевые слова: ИИ, цифровые устройства, жизненный цикл.

Цифровые устройства сегодня играют критически важную роль в повседневной жизни – от смартфонов и ноутбуков до промышленных контроллеров, автомобилей и инфраструктуры «умного дома». С увеличением сложности этих систем растёт потребность в более интеллектуальных подходах к их разработке, производству, эксплуатации и утилизации. Искусственный интеллект (ИИ) становится тем самым катализатором, который позволяет переосмыслить жизненный цикл цифровых продуктов на всех его этапах.

В условиях глобальной цифровизации ИИ используется не только для реализации функций в конечных устройствах (например, персонализации или голосового управления), но и на более глубоких уровнях – при проектировании микросхем, управлении производственными процессами, диагностике оборудования, предиктивной аналитике и автоматизированной сортировке отходов. Это ведёт к повышению эффективности, сокращению времени вывода продуктов на рынок, снижению издержек и более экологичному потреблению ресурсов.

Цель данной статьи – системно рассмотреть, как именно ИИ внедряется на каждом этапе жизненного цикла цифрового устройства, какие технологии при этом используются, какие преимущества и сложности возникают, а также каковы перспективы дальнейшего развития этого направления.

На стадии проектирования ИИ применяют для моделирования и оптимизации архитектуры устройств. Используются генеративный дизайн и методы машинного обучения для поиска оптимальных параметров схем (Power/Performance/Area). Например, DeepMind (Google) разработал систему AlphaChip, которая с помощью обучения с подкреплением генерирует «сверхчеловеческие» варианты компоновки микросхем за считанные часы вместо недель работы человека. Аналогично компания NVIDIA использует вариационные автокодировщики (VAE) для генерации новых схем цифровых сумматоров, получая улучшенные решения при гораздо меньших вычислительных затратах. В России создаётся проект ФПИ/«Мальт Систем», нацеленный на ИИ-автоматизацию проектирования сверхбольших интегральных схем: ожидается повышение эффективности процесса

разработки и улучшение характеристик чипов на 10–20% за счёт ИИ–оптимизации энергопотребления и производительности. При этом для имитации работы и тестирования устройств применяют цифровые двойники – динамические виртуальные модели, которые обновляются данными с реальных устройств. Двойники помогают прогнозировать поведение продукта, сокращая затраты и время выхода на рынок. Например, Autodesk Fusion 360 с ИИ–генеративным дизайном автоматически генерирует тысячи вариантов конструкций с учётом ограничений (прочность, вес, расходы материала) и выбирает наиболее экологичные решения. По оценкам McKinsey, цифровые двойники способны сократить время разработки до 50% и повысить качество продукции до 25%.

Используемые технологии: машинное обучение (ML), генеративный дизайн (neural networks, RL), цифровые двойники, моделирование. Примеры: DeepMind (AlphaChip), NVIDIA (CircuitVAE), Autodesk Fusion Generative Design, отечественные проекты САПР (ФПИ, «Малыт Систем»).

При выпуске цифровых устройств ИИ облегчает автоматизацию производства и контроля качества. Например, Fanuc совместно со стартапом Inbolt представили роботизированную систему с AI–управляемым 3D–зрением: такие роботы могут по ходу конвейера автоматически закручивать винты, наносить клей и выполнять другие монтажные операции на движущихся деталях. Робот Inbolt с AI–управляемым 3D–зрением выполняет высокоточные задачи сборки на движущемся конвейере. Кроме того, на линиях массового производства активно применяют компьютерное зрение для QA. Например, Foxconn (сборка электроники для Apple, Nintendo и др.) использует Google Cloud Visual Inspection AI для автоматической проверки плат и компонентов: ИИ–система обнаруживает дефекты на ранних стадиях и выявляет 90% дефектов вместо (10% остаются незамеченными), сокращая время проверки до 0,3 с на компонент.

Также на производстве важны предиктивное обслуживание оборудования и сборочных линий. Системы мониторинга собирают телеметрию от станков и конвейеров (датчики вибрации, температуры, тока и т.д.) и с помощью ML–программ прогнозируют сбои до их наступления. Это минимизирует простои и затраты на неожиданные поломки.

- автоматизация сборки: AI–управляемые роботы с компьютерным зрением (Fanuc+Inbolt).
- контроль качества: автоматический визуальный осмотр (Foxconn с Google Visual Inspection AI).
- предиктивное обслуживание: анализ данных датчиков для прогнозирования отказов оборудования.

Во время эксплуатации встроенные ИИ–модули делают устройства «умными»: они анализируют поведение пользователя, персонализируют функциональность и повышают энергоэффективность. Например, современные смартфоны получают AI–функции управления батареями. В iOS 19 планируется функция «умного заряда»: алгоритм на основе ИИ анализирует привычки владельца и предсказывает, какими приложениями он

будет пользоваться, заранее распределяя заряд аккумулятора между ними. Аналогично, в новых моделях Samsung (серия Galaxy S25) ожидается внедрение «Battery AI», что по оценкам повысит автономность на 5–10%.

В умных домах и гаджетах ИИ-системы (ML, NLP, CV) автоматически подстраивают работу под пользователя: голосовые ассистенты (Siri, Alexa) понимают команды на естественном языке, термостаты (Google Nest) учатся расписанию жильцов для экономии тепла, камеры безопасности распознают знакомые лица и объекты, а системы рекомендаций (стриминговые сервисы, смартфоны) анализируют привычки пользователя. Это ведёт к более комфортной работе устройств и снижению расхода энергии.

- персонализация: анализ пользовательского поведения для предсказания действий (рекомендации, предзагрузка приложений).
- NLP: голосовые ассистенты и умные колонки понимают и обрабатывают речь.
- компьютерное зрение: функции распознавания лиц, объектов, сцен (например, Face ID, интеллектуальная камера).
- энергоэффективность: ИИ-алгоритмы оптимизируют режимы работы (смартфоны, бытовые приборы) на основе прогнозов нагрузки.

На этапе сервиса (техобслуживание устройств в эксплуатации) ИИ применяется для диагностики неисправностей и предсказательной замены компонентов. При удалённом мониторинге сложных систем создаются цифровые двойники оборудования или продукта, которые получают данные с встроенных датчиков в реальном времени. ИИ-модели анализируют эти данные и выявляют отклонения от нормы, позволяя прогнозировать поломки до их случки. Такой подход особенно распространён в промышленной технике: сервисные платформы (например, Siemens MindSphere, GE Predix) используют IoT и машинное обучение для дистанционного контроля турбин, станков и др. В результате можно заранее запланировать замену узлов и избежать незапланированных простоев.

- диагностика: обработка логов и телеметрии (ML-анализ) для выявления причин сбоев.
- удалённый мониторинг: IoT-платформы собирают данные с устройств, а ИИ в облаке отслеживает состояние и здоровье компонентов.
- цифровые двойники: виртуальные модели устройств обновляются данными и на их основе предсказывают срок службы деталей.

На финальном этапе жизненного цикла ИИ помогает умной сортировке и рециклингу. Системы компьютерного зрения с обученными нейросетями автоматически классифицируют электронные отходы: они распознают типы материалов и компонентов в ломах электроники, что ускоряет процессы переработки и повышает их точность. Платформы AI-аналитики собирают данные об объёмах и составе e-waste, помогая оптимизировать логистику сбора и направления ресурсов на повторное использование. ИИ также способен находить пригодные к повторному использованию детали в отслужившей электронике – например, анализировать старые платы и оценивать, какие компоненты ещё годны к повторной сборке. Autodesk

подчёркивает, что ИИ способствует циркулярной экономике: при проектировании устройств учёт ИИ-моделей позволяет создавать изделия с длительным сроком службы и лёгкой разборкой для утилизации.

- автоматизированная сортировка: компьютерное зрение для разделения металлов и плат на конвейере.
- анализ пригодности: ML-модели оценивают, какие детали можно повторно использовать или переработать.
- оптимизация логистики: AI-аналитика прогнозирует потоки отходов и управляет цепочкой вторсырья.

Во всех описанных процессах применяются разнообразные технологии ИИ: машинное обучение и глубокие нейросети (анализ данных проектирования и диагностика), генеративный ИИ (создание схем и конструкций), компьютерное зрение (визуальный контроль качества и сортировка), обработка естественного языка (NLP) (голосовые интерфейсы), интернет вещей (IoT), цифровые двойники, глубокое обучение на периферии (Edge AI) и др. Трендом последних лет стало смещение вычислений к «границе сети»: всё больше алгоритмов работает прямо в устройствах (смартфонах, датчиках), что снижает задержки и нагрузку на сети. Крупные компании активно внедряют эти решения. Так, Autodesk отмечает, что 39% предприятий уже используют ИИ для повышения устойчивости и эффективного дизайна. McKinsey прогнозирует бурный рост рынка цифровых двойников (до €7 млрд в Европе к 2025), поскольку сочетание ИИ и цифровых моделей ускоряет вывод новых продуктов и снижает издержки. В перспективе развитие направлено на ещё более интеллектуальные системы: гибридные модели (комбинирующие разные ИИ-подходы), расширенное использование генеративного ИИ для дизайна и диагностики, а также наращивание «зелёных» технологий – энергоэффективных чипов и алгоритмов. Все это способствует созданию замкнутого цикла производства электронных устройств, где ИИ помогает на каждом этапе – от концепции до переработки.

Этап	Технологии ИИ	Примеры компаний/проектов
Проектирование	ML, генеративный дизайн, цифровые двойники, моделирование	DeepMind (AlphaChip); NVIDIA (CircuitVAE); проект ФПИ/«Мальт Систем»
Производство	Компьютерное зрение, робототехника, предиктивная аналитика	Fanuc+Inbolt (роботы с 3D-зрением); Foxconn (Google Visual Inspection); Strukton (предиктивное обслуживание)
Эксплуатация	ML, NLP, CV, оптимизация энергопотребления	Apple (iOS Battery AI); Samsung (Battery AI); Google Nest (умный дом); голосовые ассистенты (Siri/Alexa)
Обслуживание	IoT-сенсоры, предиктивная аналитика,	Платформы MindSphere/Predix

	удалённый мониторинг, цифровой двойник	(прогнозный сервис оборудования); цифровые двойники устройств
Утилизация	Компьютерное зрение, ML, логистическая аналитика	Amp Robotics, ZenRobotics (роботы для сортировки); решения YOLO/Ultralytics для e-waste

ИИ оказывает системное влияние на весь жизненный цикл цифровых устройств:

- сокращение времени вывода на рынок (time-to-market): за счёт автоматизации проектирования и симуляции с помощью ИИ-систем, таких как AlphaChip и CircuitVAE.
- повышение производственной эффективности: умные конвейеры, предиктивное обслуживание и качество «без брака» благодаря компьютерному зрению и датчикам.
- умные устройства в эксплуатации: повышение UX, автономности, энергоэффективности и персонализации на базе локальных и облачных ИИ-алгоритмов.
- переход от реактивного к проактивному обслуживанию: предиктивная диагностика и цифровые двойники предотвращают сбои ещё до их возникновения.
- циркулярная экономика: облегчение утилизации и повторного использования компонентов благодаря ИИ-сортировке и оценке пригодности деталей.

Это создаёт основу для устойчивых инноваций, где цифровые устройства становятся не просто инструментами, а частью самоуправляемой, самообучающейся экосистемы.

Несмотря на широкие возможности, применение ИИ на всех стадиях жизненного цикла сопровождается рядом вызовов:

1. Доступ к качественным данным. Для обучения ИИ необходимы репрезентативные, размеченные и очищенные датасеты. В реальной производственной среде данные могут быть разнородными, зашумлёнными и неполными. Пример: при обучении компьютерного зрения на производстве (QA) недостаток фото с дефектами ограничивает точность моделей.
2. Объяснимость и надёжность моделей. Особенно критично в сферах, где ошибка может стоить дорого (например, в диагностике или проектировании микросхем). Решения: применяются методы Explainable AI (XAI), позволяющие визуализировать, почему система приняла то или иное решение.
3. Интеграция в существующие процессы. Многие предприятия используют устаревшие системы (legacy), плохо совместимые с ИИ-платформами. Внедрение требует переосмысления всей цепочки создания ценности.
4. Этичность и устойчивость. ИИ-системы потребляют значительные ресурсы (в том числе вычислительные), а также могут усиливать существующие цифровые неравенства или автоматизировать «плохой дизайн». Пример:

неадаптивные алгоритмы управления батареями могут ускорить деградацию аккумуляторов при неправильных сценариях использования.

По прогнозам Gartner и McKinsey, в ближайшие 5–10 лет мы увидим взрывной рост применения ИИ в электронике и цифровых устройствах. Вот ключевые направления:

- 1) генеративный ИИ в САПР (EDA). ИИ–системы уже начинают не просто помогать инженерам, а автоматически создавать архитектуры чипов и схем. Развитие таких решений в рамках open–source (OpenROAD, CircuitGPT) создаст доступ к проектированию нового поколения устройств даже небольшим командам.
- 2) интеграция Edge AI и TinyML. Появление сверхмощных и энергоэффективных ИИ–чипов (например, Google Coral, NVIDIA Jetson) позволяет внедрять машинное обучение на периферии – прямо в самих устройствах, без необходимости постоянного подключения к облаку.
- 3) нейроморфные вычисления. Архитектуры, имитирующие работу мозга, например Loihi (Intel), могут радикально изменить принципы ИИ в цифровой электронике, обеспечивая обучение в реальном времени с минимальным энергопотреблением.
- 4) индустрия 5.0 и Человек+ИИ. Фокус смещается от полной автоматизации к сотрудничеству человека и ИИ, где ИИ–системы действуют как «цифровые советники» инженера, технолога или пользователя, а не как замена.
- 5) устойчивый ИИ. ИИ–системы будут всё чаще проектироваться с учётом целей устойчивого развития (Sustainable AI) – меньшее энергопотребление, повторное использование, поддержка циркулярной экономики и минимизация e–waste.

Искусственный интеллект не просто улучшает цифровые устройства – он преобразует всю парадигму их создания, использования и утилизации. На каждом этапе – от идеи до переработки – ИИ способен обеспечить:

- повышение точности и скорости;
- снижение затрат;
- энергоэффективность и экологичность;
- гибкость и адаптивность систем;
- долгосрочную устойчивость.

В условиях стремительного развития рынка электроники и Интернета вещей (IoT), ИИ становится неотъемлемым компонентом жизненного цикла цифровых устройств. Он формирует будущее, где устройства не только служат человеку, но и учатся, адаптируются, предсказывают и восстанавливаются сами.

Список использованных источников

1. Современная электроника и искусственный интеллект. Часть 1 // СТА.ru, 2025. URL: <https://www.cta.ru/articles/soel/2025/se-2025-4/181423/> (дата обращения: 05.06.2025).
2. Какие тренды определяют индустрию электроники в 2025 году и почему // Southelectronicpcb.com, 2025. URL: <https://southelectronicpcb.com/ru/what-will-be-the-2025-electronics-industry-trend/> (дата обращения: 05.06.2025).
3. Искусственный интеллект в 2025 // Комсомольская правда, 2024. URL: <https://www.kp.ru/expert/elektronika/iskusstvennyj-intellekt/> (дата обращения: 05.06.2025).
4. Лучшие источники искусственного интеллекта в 2025 году // DTF, 2025. URL: <https://dtf.ru/top-smm/3414547-luchshie-istochniki-iskusstvennogo-intellekta-v-2025-godu> (дата обращения: 05.06.2025).
5. Искусственный интеллект: чего ждать в 2025 году? // ELMA365, 2025. URL: <https://elma365.com/ru/products/ecm/news/ai-trends-in-2025/> (дата обращения: 05.06.2025).
6. 40 лучших ИИ-инструментов 2025 году (проверенные и протестированные) // Habr, 2025. URL: <https://habr.com/ru/articles/871268/> (дата обращения: 05.06.2025).
7. Тенденции развития технологий искусственного интеллекта в России. Обзор TAdviser 2025 // TAdviser, 2025. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A2%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B9_%D0%B8%D1%81%D0%BA%D1%83%D1%81%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B0_%D0%B2_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8._%D0%9E%D0%B1%D0%B7%D0%BE%D1%80_TAdviser_2025 (дата обращения: 05.06.2025).
8. Тренды 2025 года в области искусственного интеллекта // Ultralytics, 2025. URL: <https://www.ultralytics.com/ru/blog/2025-ai-trends-the-innovations-to-look-out-for-this-year> (дата обращения: 05.06.2025).
9. AI-Linked Data Centers // SEC.gov, 2024. URL: <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/2028699/000121390024059845/ea0208994-01.htm> (дата обращения: 05.06.2025).