

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Ларькин А.Д. ¹, ассистент, anton11061998@gmail.com

Верхов К.А. ², ассистент, kiryl.viarkhou@gmail.com

2025

1. Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
2. Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Ключевые слова: печатные платы, радиоэлектронные средства, электронные схемы, электронные компоненты, искусственный интеллект

Аннотация: Рассмотрены современные тенденции и вызовы в проектировании печатных плат (РСВ) на фоне глобализации полупроводниковой промышленности и высокой децентрализации производственных процессов. Особое внимание уделяется рискам безопасности, связанным с передачей производства на аутсорсинг, включая угрозы аппаратных троянских программ. Проведен анализ основных направлений применения ИИ: оптимизация размещения компонентов, проверка правил проектирования, электромагнитный анализ и тепловое моделирование.

Глобализация полупроводниковой промышленности привела к высокой степени децентрализации производственной модели, при которой многочисленные задачи по проектированию и изготовлению передаются на аутсорсинг сторонним поставщикам в целях снижения производственных затрат. Эта тенденция распространяется и на печатные платы, которые служат в качестве физических подложек, соединяющих интегральные схемы (ИС) и пассивные компоненты. Однако передача ответственных этапов производства печатных плат на аутсорсинг потенциально ненадежным сторонам создает значительные риски для безопасности [1]. В частности, печатные платы подвержены внедрению аппаратных троянских программ (НТ) как на этапе проектирования, так и на этапе производства.

Современные электронные устройства становятся всё компактнее и функциональнее, что резко повышает требования к разработке печатных плат. Традиционные методы проектирования часто оказываются слишком трудоёмкими: на сложные изделия уходит до 50% всего времени разработки. В этих условиях внедрение ИИ становится не просто инновацией, а необходимостью. Стоит отметить, что использование интеллектуальных алгоритмов может сокращать сроки проектирования до нескольких дней, а в отдельных случаях – до часов.

Согласно данным опроса журнала Electronic Design Automation за 2023 год, рынок решений с использованием ИИ в области РСВ будет стремительно расти, увеличившись на 8,7 млрд долларов в период 2024–2028 гг. Компании, внедрившие новые методы, фиксируют следующие результаты [2]:

- сокращение времени проектирования на 40%;
- уменьшение количества итераций на 35%;
- снижение ошибок разводки на 60%;
- рост общей оптимизации проекта на 45%.

Стоит обозначить некоторые проблемы, с которыми сталкиваются инженеры при разработке печатных плат: трудоёмкая расстановка компонентов, сложность трассировки, необходимость постоянной проверки правил проектирования, трудности с тепловым режимом и ограниченные возможности по исследованию альтернативных решений. ИИ-системы способны справляться с этими задачами автоматически, предлагая оптимальные варианты размещения элементов, выполняя проверку в реальном времени и даже прогнозируя электромагнитную совместимость.

Искусственный интеллект используется для решения четырех основных направлений:

- оптимизация размещения компонентов – сокращение длины соединений и повышение целостности сигналов;
- проверка правил проектирования – автоматическое выявление ошибок и предотвращение дорогостоящих доработок;
- EMC-анализ – прогноз электромагнитных помех ещё до производства.
- тепловое моделирование – улучшение теплоотвода при помощи нейросетевых симуляций.

Особенно значимыми являются внедрение ИИ в схемотехнический ввод и авторазводку.

ИИ-системы могут распознавать стандартные схемные блоки, автоматически преобразовывать наброски в цифровой вид, предлагать альтернативные компоненты и выявлять потенциальные ошибки ещё до этапа трассировки. В качестве примера можно привести платформу Altium, которая сравнивает неполные схемы с базой данных и предлагает исправления. Это значительно облегчает работу начинающих инженеров и повышает скорость работы специалистов.

Авторазводка печатных плат долгое время считалась одной из самых сложных задач. ИИ здесь достигает наибольшего эффекта, используя опыт тысяч готовых проектов. Например, решение Cadence позволяет завершать до 95% разводки на многослойных платах, тогда как традиционные алгоритмы показывают лишь 60–70%. Кроме того, время разработки может сокращаться вдвое.

Проанализировав основные трудности, с которыми сталкиваются инженеры, можно выявить основные пункты по эффективному применению ИИ. Во-первых, при работе со схемотехникой важно задавать чёткие требования, использовать модульный подход и собственные библиотеки компонентов. Во-вторых, при авторазводке рекомендуется начинать с продуманного размещения

элементов, выделять критические цепи, использовать региональные стратегии и запускать несколько итераций для поиска оптимума.

Несмотря на некоторые успехи, существуют нерешённые проблемы при выполнении конструкторских работ: ИИ пока плохо понимает замысел разработчика, страдает от ограниченности обучающих данных, требует участия инженера при сложных ограничениях, а также предъявляет высокие требования к вычислительным ресурсам [3].

Перспективы дальнейшего развития выглядят многообещающими. Среди прогнозируемых тенденций можно выделить следующие:

генеративное проектирование, где ИИ будет предлагать сразу несколько полных вариантов платы;

- использование интерфейсов на основе естественного языка;
- интеграция систем предиктивного обслуживания;
- кросс-доменная оптимизация (механика и электротехника одновременно);
- «демократизация» проектирования – возможность для новичков создавать решения уровня экспертов.

Можно сделать вывод, что ИИ уже сегодня оказывает фундаментальное влияние на проектирование печатных плат. Речь идёт не только о сокращении сроков и уменьшении ошибок, но и о повышении качества конечных решений. При этом остаются определённые ограничения, требующие доработки. Однако общий вектор развития очевиден: внедрение ИИ становится не просто преимуществом, а необходимым условием конкурентоспособности в сфере электроники.

Также должен продолжаться упор на миниатюризацию изделий. Такой подход позволяет создавать компактные, надёжные и конкурентоспособные решения для микроэлектроники и других высокотехнологичных отраслей.

Список использованных источников

1. Тенденции развития конструкций РЭС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studizba.com/lectures/inzhenerija/lekcii-po-osnovam-proektirovanija-jelektronnyh-sredstv/36695-tendencii-razvitija-konstrukcij-rjes.html> – Дата доступа: 26.08.2025.
2. How AI is Revolutionizing PCB Design: A Deep Dive into Schematic Capture and Auto-Routing [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.linkedin.com/pulse/how-ai-revolutionizing-pcb-design-deep-dive-schematic-capture-auto-routing-4kfgc> – Дата доступа: 26.08.2025.
3. Tehranipoor M., Koushanfar F. Hardware Security: Threats, Countermeasures, and Emerging Research Directions // Proceedings of the IEEE. - 2015. – Vol.103. - №8. - С. 1304-1324.