

Современная электроника и искусственный интеллект

Часть 2. Использование искусственного интеллекта в разработках новых электронных устройств

Виктор Алексеев

В первой части статьи были описаны основные наиболее известные и перспективные большие языковые модели (LLM) искусственного интеллекта. В этой части рассмотрены ИИ-модели, позволяющие, кроме прочего, существенно упростить процесс разработки электронных устройств на всех этапах. Некоторые ИИ лучше других разбираются в общих вопросах и могут подсказать идею проекта. Другие модели хороши для программирования. Кроме того, существуют сложные технические решения, созданные с помощью ИИ в соответствии с конкретным техническим заданием. В статье рассмотрены на конкретных примерах эти варианты разработок.

Проектирование новых электронных устройств с помощью искусственного интеллекта

Вместе с ростом популярности приложений искусственного интеллекта возникает нужда в простых и доступных средствах их создания, включающих идею и её воплощение, программирование, производство и контроль качества.

Если поставлена только цель новой разработки и нет чёткой концепции самого проекта, то с выбором идеи лучше всего может помочь та модель ИИ, которая всесторонне «образована» и лучше всего «знает» общие вопросы.

На следующем этапе имеет смысл обратиться к «узким специалистам». В последние годы появилось множество так называемых платформ искусственного интеллекта (Artificial Intelligence Platform – AIP), которые предлагают свой собственный набор сервисных функций и уникальных инструментов для автоматизации и решения конкретных технических задач.

Перечисление всех известных ИИ-платформ выходит за рамки целей этой статьи.

Согласно данным, опубликованным в статьях [1–6], наиболее популярными в 2024–2025 годах были следующие ИИ-платформы:

- Google Cloud AI – решение для интеграции ИИ в облачные сервисы, совместимость с BigQuery, CI/CD, Vertex AI для MLOps;

- Gemini – мультимодальность, генерация схем;
- Claude – программирование ES, работа с большими контекстами;
- Open Brain-Computer Interface – инструменты для сбора и анализа биосигналов;
- Industrial Operations X – промышленная инструментальная система, объединяющая искусственный интеллект, IoT, 3D-модели, редактор Mendix;
- IBM Watson – мощные средства визуализации экспериментальных данных, позволяющие генерировать интерактивные схемы, диаграммы и графики с выявлением мельчайших закономерностей;
- DataRobot – решение для автоматизированного машинного обучения;
- Google Vertex AI – комплексная платформа, объединяющая инструменты искусственного интеллекта Google для масштабируемого машинного обучения и анализа данных;
- Databricks Lakehouse Platform – решение для объединения файловых хранилищ на нескольких серверах;
- NVIDIA Omniverse – моделирование в реальном времени, 3D-проектирование, создание цифровых двойников.

Следует особо подчеркнуть то, что перечень компаний в этом списке не соответствует какому-то реальному рейтингу компаний, а отражает лишь совокупную точку зрения авторов перечисленных выше публикаций.

Все эти ИИ специализируются преимущественно на определённых приложениях. В том случае, когда точно известна конкретная тема разработки, чётко обозначенная в ТЗ, целесообразно обратиться к одной из конкретных вышеперечисленных платформ.

Рассмотрим для примера случай, когда не указаны точные технические условия, а заказчик высказал только общие пожелания к разработке. В этом случае практичнее воспользоваться услугами наиболее всесторонне «образованной» поисковой платформы. Вероятно, на сегодняшний день в общих вопросах лучше всего разбирается Google AI [7].

Впервые Google анонсировала создание Google AI Platform в апреле 2019 года как сквозную платформу, предназначенную для управления моделями машинного обучения.

Важной составляющей AI Platform является система непрерывной интеграции и непрерывного развёртывания (CI/CD). Эта опция широко используется в разработках программного обеспечения и позволяет автоматизировать процессы сборки, тестирования и развёртывания кода.

Особого внимания заслуживает интеграция AIP с Google Cloud Platform – GCP. Эта облачная инфраструктура позволяет разрабатывать, развёртывать и масштабировать приложения, веб-сайты и сервисы с использованием той же инфраструктуры, что и у Google.

Среди других ключевых возможностей следует отметить возможность прямой интеграции с BigQuery, TensorFlow и Kubernetes [8].

Обновлённая система Google Cloud, получившая название Vertex AI, предназначена для управления жизненным циклом ML-моделей. Несомненным преимуществом этой платформы является поддержка инструментов MLOps для автоматизации процессов разработки и развёртывания различных приложений [9].

Последняя из разработанных концерном Google ИИ платформ Google Agentspace была представлена на состоявшемся 13 декабря 2024 года пресс-релизе как новая универсальная инструментальная система, широко использующая ИИ-агентов (рис. 1).

Стоит отметить, что ИИ-агент может в соответствии с поставленной задачей собирать и анализировать всю имеющуюся по данному направлению информацию и самостоятельно выбирать способы и инструменты, необходимые для достижения конечной цели (рис. 1). Ключевое слово здесь – «самостоятельно». Таким образом, ИИ-агент должен, не запрашивая разрешения на каждом последующем шаге, исходя только лишь из первоначально поставленной цели, решать сложные поисковые задачи. Это требует тщательного планирования, глубокого исследования и анализа всех возможных путей решения.

Характерными известными примерами ИИ-агентов являются: чат-боты, отвечающие на запросы клиентов; роботизированные автомобили без водителей, которые используют датчики для навигации и принятия решений в реальном времени; виртуальные помощники, помогающие с планированием выполнения задачи и поиском оптимального пути её решения.

AI-агенты могут быть разными по сложности и функциям, но все они способны работать автономно, что делает их полезными для автоматизации и оптимизации различных процессов.

Как отметил Саураб Тивари, вице-президент и генеральный менеджер Google Cloud AI, основными компонентами новой платформы будут новые модели Gemini и новый аппаратный комплекс NotebookLM Plus. Платформа Google Agentspace, по существу, представляет собой мультимодальный поисковый ИИ-агент, который позволяет находить информацию из структурированных (таблицы) и неструктурированных (документы и электронные письма) данных, а также из часто используемых сторонних приложений, таких как Google Drive.

Кроме того, эта AIP позволяет использовать ИИ-агентов для автоматического выполнения таких рутинных функций, как, например, поиски новых публикаций и составление контента по заданной тематике, ответы



Рис. 1. Различного рода ИИ-агенты предоставляют интеллектуальную поддержку на всех этапах разработки нового проекта

на стандартные вопросы, а также другие повторяющиеся задачи [10].

Мозгом этой системы является семейство больших языковых моделей Gemini. В отличие от традиционных алгоритмических систем, Gemini обучалась на огромных массивах текстовых данных и программного кода. Это позволяет Gemini не только воспринимать запросы на естественном языке, но также отрабатывать ежедневно миллионы промежуточных программных операций, необходимых для формирования подробных отчетов с анализом и рекомендациями. Примечательно, что процессы, происходящие внутри такой модели, при выполнении этих миллионных операций зачастую непостижимы даже для её разработчиков [11].

Если сравнивать с другими LLM-моделями, то Gemini имеет преимущество в универсальности своего «образования».

Наибольший объем контекста в этом семействе LLM может анализировать в реальном времени Gemini 1.5 Pro. Эта модель может удерживать в памяти и одновременно обрабатывать несколько очень больших массивов

информации, таких, например, как технические руководства (Datasheets), содержащие десятки страниц текста, таблиц, формул и графиков.

В 2025 году пользователи получили возможность экспериментировать с новой MMM-моделью Gemini 2.0 Flash Native Image Generation, которая, помимо обычных текстовых функций, способна генерировать изображения, что позволяет создавать принципиальные и функциональные схемы различных электронных устройств. Эта модель доступна на сегодняшний день через Google AI Studio и Gemini API. Для использования Gemini в полном объеме с доступом к большому количеству приложений нужно сгенерировать ключ API [12].

Важной составляющей платформы Google Agentspace является NotebookLM – ассистент на базе искусственного интеллекта, разработанный специально для работы только с теми документами, которые ему предоставили. Основная область применения этого ассистента связана с анализом различных текстов. Например, автор корректирует свою рукопись и просит найти и исправить орфографические

и грамматические ошибки или удалить определённые фразы или целые отрывки. При этом можно загружать файлы, содержащие до 500 000 слов или ограниченные суммарным объёмом до 20 МБ.

В другом случае NotebookLM может сделать обзор литературы по предоставленному ему списку сайтов в Интернете.

Поскольку NotebookLM умеет находить общие отрывки и темы в нескольких предоставленных ему документах, он является очень мощным инструментом в борьбе с плагиатом.

ИИ-ассистент NotebookLM доступен для пользователей старше 18 лет более чем в 180 регионах мира там, где поддерживается Gemini API, например, в Google One AI Premium, Google Workspace и Google Cloud. В тестовом режиме ассистентом NotebookLM в данный момент пока ещё можно пользоваться в свободном доступе через Google AI Studio [13].

Таким образом, поиск идеи для новой разработки можно начать с вопроса к Gemini. В случае необходимости можно будет дополнительно обратиться к отмеченным выше специализированным платформам.

Автор данной статьи задал Gemini следующий вопрос: «Предложи темы реальных проектов для малого бизнеса из области современной электроники, которые будут актуальны для жителей РФ со средним уровнем дохода в ближайшем будущем».

Модель ИИ Gemini предложила следующие темы проектов.

- Интеллектуальные системы энергосбережения для жилых помещений – разработка и изготовление комплексных решений по оптимизации энергопотребления в квартирах и частных домах.
- Локальные системы автономного питания и резервного энергоснабжения – разработка и изготовление портативных систем электропитания на базе солнечных панелей и ветрогенераторов малой мощности для частных домов и дач, интеллектуальные блоки бесперебойного питания для критически важных домашних систем.
- Интеллектуальные круглогодичные теплицы для загородных домов – разработка конструкции и систем автоматического поддержания климата для теплиц, работающих при температурах до -40°C .

Имеет смысл остановиться на проекте всесезонной «умной теплицы» (УТ) в качестве примера использования искусственного интеллекта в новых разработках электронных систем. Этот проект позволит владельцам небольших участков выращивать собственные продукты питания круглый год, независимо от погодных условий. Идея объединить решение энергетических проблем с продовольственной безопасностью очень актуальна не только для современной России, но также и для многих других стран мира.

Кроме того, проект умной теплицы может включать в себя и другие варианты, предложенные Gemini.

Напомним, что цель этой статьи заключается в том, чтобы показать максимум возможностей ИИ в разработках новой техники.

Так, в качестве первого пробного этапа Gemini предложила выращивать овощи и зелень на утеплённых лоджиях и балконах городских квартир с использованием современных гидропонных систем. Так, минимальный макет системы с контролем температуры может быть опробован на утеплённой лоджии в квартире. В этом варианте в качестве устройства, отслеживающего температуру, предлагается использовать, например, программируемый терморегулятор W1209, коммутирующий нагрузку до 20 А / 220 В. Цена такого устройства на маркетплейсах составляет около 300 руб. В качестве контроллера влажности подойдёт ХН-W3005 стоимостью около 500 руб.

Для дальнейшего развития проекта ИИ предложил схему оборудования для умной теплицы, работающей под управлением микроконтроллера Arduino Uno, включающую систему регулирования таких параметров, как: температура и влажность воздуха; освещённость; кислотность, влажность и электропроводность почвы (рис. 2). При этом были предложены различные конкретные варианты конструкций теплиц для загородного участка, которые можно эксплуатировать как в тёплое время года, так и при отрицательных температурах.

Из предложенных вариантов для Подмосковья имеет смысл более подробно остановиться на проекте, набирающем популярность в северных провинциях Канады и получившем название Chinese Solar Greenhouse.

Особенности этой односкатной конструкции заключаются в ориентации с востока на запад и северной утеплённой непрозрачной стене, изготовленной из теплоаккумулирующего материала (деревянный брус, кирпич, бетон). В качестве одного из вариантов используется конструкция, в которой северная стена совмещена со стеной дома или бани. Вход в теплицу расположен на этой северной стене (рис. 3). Южная наклонная стена полностью прозрачная.

В качестве покрытия ИИ предлагает использовать воздушно-пузырьковую плёнку с инфракрасным барьером Solawrap толщиной 16,8 мм (6,6 дюймов) [14] или поликарбонат толщиной 15 мм.

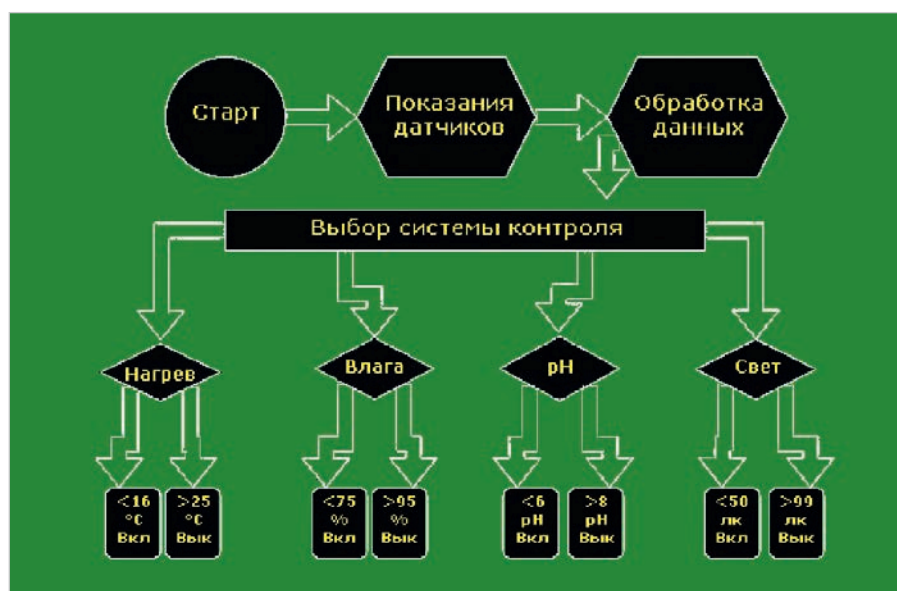


Рис. 2. Структурная схема управления теплицей с датчиками температуры, влажности, освещённости и pH

Исследования, проведённые в университете Манитобы (University of Manitoba), показали, что такие теплицы с покрытием из двух слоёв 16 мм поликарбоната с воздушной прослойкой между ними могут выдерживать большие нагрузки слоёв снега и способны поддерживать положительную температуру больше +10°C даже при температурах наружного воздуха –40°C [15].

Опытные пользователи систем искусственного интеллекта советуют проверять сообщения одной модели с помощью другой, аналогичного класса. Поэтому вопрос об оценке описанного выше проекта был задан LLM Grok. Эта модель ИИ высоко оценила результаты работы Gemini и со своей стороны добавила, что существенным улучшением теплоизоляции могли бы стать: использование одной из стен жилого дома в качестве северной стороны теплицы; тёплый пол и использование водяного отопления с антифризом от котла жилого дома; использование нагревательных кабелей на южной стороне теплицы; специальный блок автоматического включения дополнительного отопления с учётом прогноза погоды.

По последним данным ВЦИОМ (2024 год) дача или земельный участок есть у каждого второго горожанина, то есть примерно у 52% жителей крупных городов. Из них четверть (25%) имеют жильё с возможностью круглогодичного проживания, а остальные – в основном дачи для сезонного использования или просто земельные участки [16].

Дачи традиционно играют важную роль в производстве пищи для многих российских семей, обеспечивая значительный вклад в их продовольствен-

ную безопасность, особенно в периоды экономических колебаний.

В зависимости от того, насколько сложным будет выбран конечный вариант конструкции теплицы, в ней можно выращивать самые разнообразные продукты: от свежей зелени до томатов, клубники и даже грибов [17].

В качестве одного из аргументов обоснования своего проекта Gemini привела экзотический пример по выращиванию деликатесных улиток в Московской области [18].

Насколько сложно и дорого будет отапливать подобную теплицу зимой, мы попросили оценить LLM Claude, которая, по мнению экспертов, считается одной из лучших в решении простых дифференциальных уравнений [19].

При расчётах использовались следующие параметры.

- Конструкция – односкатная, ориентация с востока на запад, северная утеплённая непрозрачная сторона примыкает к жилому дому или котельной.
- Покрытие наклонного ската и боковых стенок – поликарбонат, листы с размерами 2050×3050 мм производства российской-израильской фирмы Uni-Plast [20].
- Утеплённый фундамент.
- Размеры: 4×4×2 м (ширина, длина, высота).
- Суммарная площадь поверхностей теплицы – 34 м².
- Площадь пола – 16 м².
- Северная сторона теплицы, совмещённой с домом, не учитывается.
- Коэффициент теплопередачи для крыши из двухслойного поликарбоната 16 мм с воздушным зазором – $k \approx 1,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.



Рис. 3. Вариант конструкции зимней теплицы с северной стеной, совмещённой с тёплым домом

- Коэффициент теплопередачи для пола с утеплённым фундаментом – $k \approx 0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.
 - Объёмный расход воздуха: 15 м³/ч.
- Для приблизительных оценок использовалась простая модель теплового баланса теплицы, которая описывалась с помощью простого дифференциального уравнения:

$$C \cdot dT/dt = Q_{\text{вход}} - Q_{\text{выход}},$$

где:

- С – теплоёмкость воздуха в теплице;
- Т – температура воздуха в теплице;
- t – время;
- $Q_{\text{вход}}$ – мощность нагревателя;
- $Q_{\text{выход}}$ – теплопотери через конструкции и воздухообмен.

Результаты расчётов приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, с увеличением толщины поликарбоната наблюдается снижение теплопотерь и, соответственно, требуемой мощности нагревателя. Каждые дополнительные 5 мм толщины поликарбоната дают снижение мощности примерно на 13%. Максимальный эффект (около 38%) даёт использование двойного слоя 15 мм с воздушным зазором по сравнению с одинарным слоем 15 мм. Двойной слой поликарбоната 15 мм позволяет сэкономить до 50–53% энергии по сравнению с одинарным слоем 5 мм в рассмотренном диапазоне температур окружающего воздуха.

Дополнительное снижение мощности нагревателя возможно за счёт тёплого пола с водяным обогревом от котла жилого дома. Тёплый пол площадью 16 м² практически сможет обеспечить большую часть необходимой тепловой мощности без дополнительных радиаторов.

Принимая доказательства того, что в целом проект «Умная теплица» может

Таблица 1. Результаты расчётов мощности системы обогрева теплицы для разных значений температуры окружающего воздуха и разных вариантов покрытия односкатной крыши

Температура внешнего воздуха (°C)	Мощность системы внутреннего обогрева теплицы, Вт			
	Поликарбонат 5 мм	Поликарбонат 10 мм	Поликарбонат 15 мм	Двойной слой поликарбоната 15 мм
–20	9100	7902	6944	4310
–10	6825	5927	5208	3233
–5	5687	4939	4340	2694
0	4550	3951	3472	2155
5	3412	2963	2604	1616
10	2275	1976	1736	1078
15	1137	988	868	539

стать оправданным вложением, особенно при учёте долгосрочной экономии на продуктах и трудозатратах, мы попросили модель Grok разработать конкретную схему такой теплицы. При этом искусственный интеллект Grok не только создал вариант, соответствующий блок-схеме, представленной на рис. 3, но также предложил использовать вспомогательный источник питания на основе солнечной батареи. Упрощённый вариант принципиальной схемы «Умная теплица», разработанный LLM моделью Grok, показан на рис. 4. Необходимо подчеркнуть, что на рисунке показан именно упрощённый вариант подключений датчиков и исполнительных устройств к управляющему микроконтроллеру Arduino Nano. Детальное подключение приведено в табл. 2.

Данные табл. 2 позволяют создать подробную принципиальную схему, а также макет печатной платы, например, с помощью программы Electronic Design Automation KiCad.

Искусственный интеллект Grok 3 не только разработал принципиальную схему электронного блока «Умной теплицы», но также рассчитал примерную потребляемую мощность этого оборудования.

В тёплое летнее время, когда отопление минимально, тепловые потери для нашего варианта теплицы составляют около 390 Вт в сутки. В тёплый сезон обогрев используется минимально, например, только ночью при похолодании. Если для компенсации теплопотерь использовать нагреватель с КПД 90%, то реальное энергопотребление составит 433 Ватт-час в сутки (Вт·ч/сутки). При этом суммарное потребление энергии все-

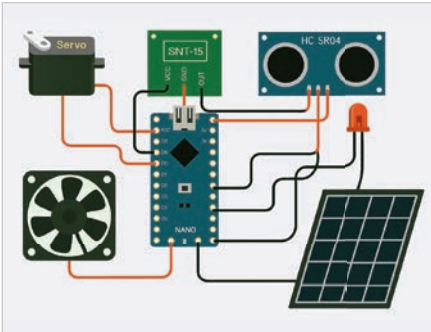


Рис. 4. Упрощённый вариант схемы подключения датчиков и исполнительных устройств в проекте «Умная теплица», разработанный LLM моделью Grok

Таблица 2. Подключение компонентов электронного блока «Умная теплица» с источником питания от солнечной панели

Наименование	Номер контакта Arduino Nano	Примечание	Источник электропитания
Датчик температуры и влажности DHT22	VCC – 5V	Питание датчика	Преобразователь DC–DC (5 В)
Датчик температуры и влажности DHT22	GND – GND	Земля датчика	Аккумулятор GND
Датчик температуры и влажности DHT22	DATA – D2	Сигнальный пин	–
Датчик освещённости BH1750	VCC – 5V	Питание датчика	Преобразователь DC–DC (5 В)
Датчик освещённости BH1750	GND – GND	Земля датчика	Аккумулятор GND
Датчик освещённости BH1750	SDA – A4	Шина I ² C	–
Датчик освещённости BH1750	SCL – A5	Шина I ² C	–
Датчик pH почвы DFRobot Gravity	VCC – 5V	Питание модуля	Преобразователь DC–DC (5 В)
Датчик DFRobot Gravity-pH	GND – GND	Земля модуля	Аккумулятор GND
Датчик DFRobot Gravity-pH	DOUT – A0	Аналоговый выход	–
Датчик электропроводности гидропонного раствора DFRobot Gravity Analog EC Sensor	VCC – 5V	Питание модуля	
Датчик DFRobot Gravity-EC Sensor	GND – GND	Земля модуля	
Датчик DFRobot Gravity-EC Sensor	DOUT – A2	Аналоговый выход	
Керамический теплоventильатор Grunhelm GHF-2000 (подключается через реле, охлаждение)	Управление реле – D3	Управляющий сигнал	Катушка: Преобразователь DC–DC (5 В), Вентилятор: Аккумулятор (12 В)
Ультразвуковой увлажнитель воздуха Xiaomi Smart Humidifier 2 (подключается через реле)	Управление реле – D5	Управляющий сигнал	Катушка: Преобразователь DC–DC (5 В), Увлажнитель: Инвертор (220 В)
Сервопривод TowerPro MG996R (шторы теплоизоляции и затенение)	Управление – D6	PWM-сигнал	Преобразователь DC–DC (5 В)
Система гидропоники и полива почвы – Мембранный дозирующий насос с цифровым управлением Etatron eOne MF 0110	Управление через реле – D7	Управляющий сигнал	Катушка: Преобразователь DC–DC (5 В), Насос: Аккумулятор (12 В)

ми устройствами, перечисленными в табл. 2, включая работу датчиков (DHT22, BH1750, pH, EC), теплоventильатора (для компенсации теплопотерь), увлажнителя, сервопривода, насоса Etatron, контроллера и минимального освещения, будет равно примерно 0,8 кВт·ч/сутки. Учитывая это значение, LLM Grok-3 предложил использовать в качестве дополнительного источника питания систему на основе монокристаллической гетероструктурной солнечной панели Nevel HVL-395/HJT (395 Вт) российского производителя «Хевел» [21]. Кроме того, Grok-3 подобрал оптимальный набор комплектующих, необходимых для создания такой системы: аккумулятор российского производства Delta GEL 12-100 (гелевый, 12 В, 100 А·ч); контроллер заряда «Телеком-СТВ» PWM-30A (30 А, 12/24 В) производства «Телеком-СТВ», Зеленоград, Solar Power Inverter DA-1000.

Отметим, что рассмотренный проект является только иллюстрацией возможности искусственного интеллекта и лишь претендует на непосредственное воплощение в жизнь. На примере очень простого проекта

мы постарались максимально полно показать потенциальные возможности ИИ при проектировании электронных систем. Вместе с тем LLM-модели с успехом используются и в сложных проектах, которые рассмотрены ниже.

Программирование с помощью искусственного интеллекта

Полный обзор систем программирования на базе ИИ выходит за рамки нашей статьи. Ниже приведены только наиболее характерные примеры использования подобных моделей ИИ, получившие наибольшее распространение.

Среди всего многообразия таких помощников программистов можно выделить два основных типа. В одном случае общение с моделью реализуется в режиме диалога на обычном разговорном языке. К таким моделям относятся многие хорошо известные LLM-модели.

В другом случае ИИ интегрируется непосредственно в редактор кода и работает как система умных подсказок в реальном масштабе времени (GitHub Copilot, Cursor и Windsurf). Подобные

модели могут быть встроены внутри таких редакторов кода, как, например, VS Code, Visual Studio, JetBrains IDE и других. В мае 2025 года OpenAI объявила о крупнейшем в своей истории приобретении – покупке платформы Windsurf (ранее Codeium) за \$3 млрд, что значительно усилит позиции компании на рынке ИИ-ассистентов для программирования [22] (рис. 5).

В свою очередь, каждый из этих двух классов включает как проприетарные модели (Claude, Grok, ChatGPT), так и модели с открытым кодом (Open Source/Open Weights – Llama, Deepseek и др.).

В том случае, когда используются модели в диалоговом режиме, пользователь задаёт вопросы, описывает проблему или определяет необходимые действия на естественном разговорном языке, а LLM отвечает пояснениями, формулами и фрагментами кода.

Как правило, основные LLM-модели этого класса поддерживают большинство языков программирования общего назначения: Python, JavaScript (включая Node.js для бэкенд-разработки), Java, C# (фреймворк .NET), C++, C, Go (Golang), Ruby, Swift (для разработки iOS/macOS), Kotlin (для разработки Android), Rust, TypeScript.

Кроме того, поддерживаются традиционные языки веб-разработки; низкоуровневые языки ассемблера; языки функционального программирования; языки запросов к базам данных; предметно-ориентированные языки; языки для научных расчётов и многое другое.

Большие языковые модели LLM могут: писать, отлаживать и оптимизировать код; объяснять концепции, характерные для конкретного языка; помогать с фреймворками, библиотеками и инструментами, связанными с этими языками; поддерживать работу с регистрами микроконтроллеров или написание драйверов (низкоуровневое программирование).

Поэтому диалоговый режим предпочтителен для начинающих специалистов, которым предоставляется возможность пошагового обучения основам программирования на перечисленных выше языках.

Кроме того, мощные LLM-модели «знают» электротехнику, математику и физику на уровне университетской программы.

В процессе диалога они могут рассчитывать сложные цепи, используя такие инструменты, как комплекс-



Рис. 5. Диалоговые модели ИИ могут генерировать визуальное представление кодов для конкретного языка при программировании электронных устройств

ные переменные, интегрирование, дифференцирование, разложение в ряды и т.д.

В качестве примера можно привести рассмотренную в предыдущем разделе схему «умной теплицы», в которой климатические параметры поддерживаются с помощью контроллера Arduino.

Если у начинающего инженера-электронщика вообще нет никакого опыта подобной работы, то ему для самостоятельного создания программы управления понадобится как минимум несколько часов.

Если воспользоваться помощью одной из LLM-моделей, например Claude или Grok, то для решения задачи нужно всего лишь написать: «Создать код для поддержания заданных климатических параметров с помощью контроллера Arduino и подключённых к нему датчиков SEN0161, BME280, BH1750, а также вентилятора, нагревателя, системы поддержки влажности, системы управления шторами». В течение нескольких секунд Claude создаст код для их управления. Для примера ниже приведён фрагмент такого кода.

```
{ // Опрос датчиков
  float temperature = bme.
  readTemperature();
  float humidity = bme.
  readHumidity();
  float soilpH =
  map(analogRead(SEN0161_SOIL_
  SENSOR_PIN), 0, 1023, 0, 14) /
  10.0;
  float lightLevel = lightMeter.
  readLightLevel();
  // Вывод на экран
  Serial.println("Температура: "
  + String(temperature) + " °C");
  Serial.println("Влажность: " +
  String(humidity) + " %");
  // Включение исполнительных
  устройств по заданным условиям
  if (temperature > 20 &&
  temperature < 30) {
    digitalWrite(VENTILATOR_PIN,
    HIGH); // Включаем вентилятор }
    else {
    digitalWrite(VENTILATOR_PIN,
    LOW); // Выключаем вентилятор
  }
  if (soilpH > 6 && soilpH <
  8) {
    digitalWrite(WATER_VALVE_
    PIN, HIGH); // Включаем полив
```

```

}
    if (lightLevel > 50 &&
lightLevel < 100)
{    analogWrite(CURTAIN_PIN,
128);    // Шторы полуоткры-
ты    }

```

Если нужно контролировать процесс через Serial Monitor, ИИ предложит последовательную проверку как схемы подключения, так и загруженных в микроконтроллер вручную строк кода. Кроме того, при желании можно попросить ИИ добавить обработку данных, их хранение и вывод результатов на дисплей. Если потребуется особая точность измерений температуры и влажности, то можно добавить механизм обработки ошибок, который включает функцию повторных попыток чтения при сбоях.

Также легко программировать с помощью ИИ на других языках, включая Python, JavaScript, C++ и другие.

Искусственный интеллект экономит время разработки, позволяя сосредоточиться на творческих аспектах проекта, а не на рутинном написании кода. Также Claude предоставляет пояснения к коду и рекомендации по его оптимизации.

Этот пример демонстрирует, как быстро можно получить работающий код с помощью ИИ, не вдаваясь в излишние технические детали, но сохраняя суть работы системы управления теплицей.

Среди новых диалоговых языковых моделей в данном разделе можно выделить Claude 4 Sonnet/Opus, обученную на миллиардах диалоговых примеров, что позволяет работать с расширенным контекстом, необходимым для анализа больших электронных схем и

специальной документации, включая современные технические требования и юридические ограничения [23].

Эти модели особенно эффективны при программировании «встраиваемых систем» (Embedded Systems – ES), которые подразумевают специализированные компьютерные системы, созданные для выполнения определенных функций в рамках более крупного механического или электронного устройства. Такие системы состоят из микроконтроллера или микропроцессора, памяти, интерфейсов ввода/вывода, программного обеспечения, написанного специально для выполнения конкретных задач, а также исполнительного устройства.

В качестве хорошо известных примеров ES можно указать: контроллеры бытовой техники (рис. 6); автомобильные системы управления; промышленные контроллеры, переносные медицинские устройства.

Модели Claude зарекомендовали себя как комплексное решение для работы со встраиваемыми системами (Arduino, ESP32, STM32). Их функциональность охватывает весь цикл разработки: от написания и отладки кода до объяснения принципов работы различных компонентов. Особую ценность Claude представляет при проектировании, помощи в выборе компонентов, составлении технических требований с учётом законодательства, разработке тестовых сценариев и анализе результатов контроля качества. Поддержка интерфейсов I²C, SPI, UART в сочетании с глубокими знаниями из области математики и естественных наук делает Claude универсальным помощником для разработчиков электронных устройств различной сложности [24].

Модель Claude 4 может удерживать большой контекст (до 200 000 токенов), что позволяет загружать полные спецификации микроконтроллеров, документацию и части кодовой базы одновременно. Это особенно ценно при работе со сложными встраиваемыми системами, где важно учитывать множество взаимосвязанных компонентов.

Интерфейсы пользователя API Claude позволяют интегрировать его в существующие инструменты разработки [25].

Так, использование GitHub предоставляет доступ к проектам Claude в рабочих процессах разработки [26].

В режиме диалога работает достаточно много современных LLM. Ещё раз отметим, что данная статья не претендует на полный обзор всех существующих на сегодняшний день моделей ИИ. Ниже приведены только примеры диалоговых моделей, имеющих особые характерные черты.

Диалоговая система с доступом к Интернету Perplexity AI может: искать актуальную документацию микроконтроллеров и электронных компонентов; объединить поиск информации и генерацию кода в одном интерфейсе; использовать новые или малоизвестные электронные компоненты [27, 28].

Модель Grok (от xAI), имеющая доступ к актуальной информации через Интернет, специализируется на сложных технических вопросах и расширенном программировании [29, 30].

Специализированная модель DeepSeek Coder предназначена для программирования с открытым исходным кодом. Этот ИИ поддерживает более 40 языков программирования, имеет версии разной мощности (от 1,3 млрд до 33 млрд параметров) и особенно эффективен для работы с ассемблером и языками низкого уровня. Следует подчеркнуть, что DeepSeek обладает знаниями о различных процессорах и микроконтроллерах, разработанных в Китае (Huawei, Cambricon), что может оказаться крайне важным для российских инженеров и программистов [31–33].

Семейство моделей с открытым исходным кодом Mistral AI и Mixtral, ориентированное для работы с ограниченными ресурсами, может быть локально развёрнуто для работы без Интернета [34–36].

Однако существуют некоторые минусы диалогового режима, в частности, это относится к необходимости ручного копирования и вставки кода в редактор. Кроме того, затруднительным представляется процесс кодирования в реальном времени.

Крупные разработчики ИИ выпускают свои собственные специализированные инструменты и платформы.

Так, Core AI (подразделение Microsoft) разработало GitHub Copilot – один из самых популярных и мощных ИИ-ассистентов для программистов, интегрированный с платформой GitHub и поддерживаемый различными средами разработки [37].

В основе GitHub Copilot лежит модель OpenAI, обученная на миллионах репо-

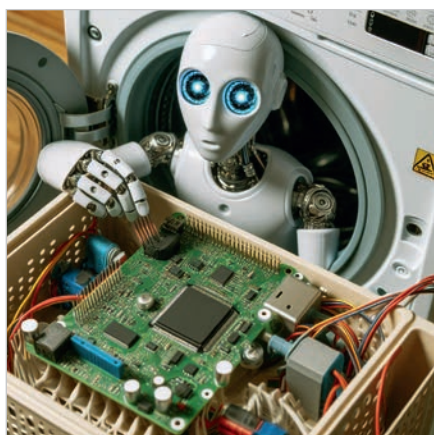


Рис. 6. Модели ИИ Anthropic – Claude особенно эффективны при программировании «встраиваемых систем» (Embedded Systems – ES)

зиториев GitHub. Другие решения предлагают Claude, ChatGPT и др.

Мощная модель искусственного интеллекта OpenAI Codex была разработана специально для генерации программного кода на основе естественного языка. Это программное обеспечение является преемником GPT-3 и поддерживает более десятка языков программирования, включая Python, JavaScript, Go, Perl, PHP, Ruby, Swift и Typescript. В мае 2025 года OpenAI представила исследовательскую предварительную версию Codex, интегрированную непосредственно в ChatGPT. Эта интеграция, значительно упрощает доступ к возможностям генерации кода через знакомый интерфейс ChatGPT [38].

Важно, что GitHub Copilot предлагает не отдельные токены или строки, а целые функции, классы и даже алгоритмы на основе комментариев, имён функций и окружающего кода. Важным аспектом GitHub Copilot является его способность учиться на контексте текущего проекта. При этом Copilot также предлагает функции интеллектуального тестирования: он может автоматически генерировать модульные тесты для написанного кода, помогая обеспечить его надёжность и соответствие требованиям.

GitHub Copilot интегрируется в редактор кода (VS Code, Visual Studio, JetBrains и др.) и работает в контексте кода, в отличие от диалоговых ИИ-ассистентов (Claude, ChatGPT). Немаловажно то, что GitHub Copilot понимает русский язык в комментариях. Предположим, что инженеру ставится та же задача, что и выше: создать драйвер для датчика DHT22.

Для этого он создаёт файл с комментарием: «//Класс для работы с датчиком температуры и давления DHT22».

Основываясь на этом комментарии и структуре проекта, Copilot генерирует полный класс с методами инициализации, чтения температуры, влажности, преобразования единиц измерения и обработки ошибок.

Инженер добавляет, например, ещё такие комментарии:

«//Должен иметь методы для инициализации, чтения температуры и влажности.

//Должны обрабатываться ошибки чтения и обеспечиваться возврат структуры с данными».

Учитывая это, Copilot автоматически распознаёт шаблон и предлагает ана-



Рис. 7. В режиме «МоЕ» вместо полной вычислительной мощности большой LLM модели используется только несколько небольших специализированных блоков, называемых «эксперты»

логичную, но адаптированную структуру для нового устройства.

Инженер может либо принять предложенный вариант кода (Tab), либо продолжить модернизировать драйвер, добавляя новые комментарии (Esc).

В новых версиях появился Copilot Chat, который ближе к диалоговому формату. Он позволяет задавать вопросы о коде, запрашивать объяснения и генерировать код через расширенные варианты комментариев [39–41].

Последняя версия «GitHub Copilot X» поддерживает расширенный вариант комментариев внутри редактора кода, который хотя и ближе к диалоговому формату, но всё же ориентирован на решение достаточно сложных задач программирования.

Модель GitHub Copilot в первую очередь ориентирована на задачи программирования высокого уровня, такие, например, как: Python, JavaScript, C++. Поэтому её использование для программирования приложений низкого уровня не будет рентабельным.

Необходимо также отметить специальный тип архитектуры боль-

ших моделей ИИ, получивший название Mixture of Experts – MoE. В этом варианте вместо полной вычислительной мощности большой модели используется несколько только меньших специализированных блоков, называемых Experts (эксперты). Каждый «эксперт» лучше справляется с определёнными задачами, и система решает, какой эксперт или комбинация экспертов лучше подходит для конкретного запроса (рис. 7).

Наиболее эффективно архитектура MoE проявляется в модели DeepSeek R1. Эту опцию используют также и другие модели, такие как Mistral-7B; Grok 3 mini; Google Switch Transformer; Google GShard; Meta NLLB.

При работе в режиме MoE отмеченные модели экономят вычислительные ресурсы за счёт того, что используют только часть своих параметров в каждый определённый момент времени. Например, для того чтобы обработать конкретный запрос, модели DeepSeek R1 не нужно задействовать всех 256 экспертов, которые у неё есть, а достаточно подключить в работу только 8 из них. Это свойство карди-

нально экономит задействованные ресурсы памяти, что очень важно для моделей с открытым кодом, таких как Mistral, DeepSeek и др. Сегодня внедрение проприетарных систем ИИ сдерживается из-за нежелания компаний отправлять конфиденциальную информацию на сторонние серверы. Для того чтобы организовать свой собственный ИИ, необходимо кроме открытого ПО, например DeepSeek, иметь сервер с графическими процессорами, обладающий достаточным объёмом памяти.

В качестве такого устройства можно будет использовать настольный профессиональный компьютер Mac Studio – M3 Ultra 512GB [42].

На сегодняшний день это самый мощный компьютер Apple, который может быть использован для задач, связанных с ИИ.

Оперативная память 512 ГБ (RAM) в Mac Studio позволяет работать с очень большими массивами данных, такими, которые используют ИИ-модели с миллиардами параметров (например, DeepSeek R1) [43].

Ожидается, что, по сравнению с серверами на базе процессоров NVIDIA H100, стоимость полностью готового к работе комплекта Mac Studio будет, по крайней мере, в пять раз меньше.

В конце марта 2025 года на платформе X.com появилось сообщение о том, что Anthropic использует чипы Amazon Trainium 2 для обучения своих следующих моделей. Для замены одного процессора NVIDIA H100 необходимо три чипа Amazon. Планируется, что Anthropic будет иметь в своём распоряжении около 400 000 таких процессоров в рамках проекта Amazon Rainier [44].

Комбинация Open Source – LLM, которые поддерживают технологии MoE, с новыми техническими решениями типа Mac Studio, Amazon Trainium 2 и другими позволит небольшим компаниям создавать свои собственные локальные системы искусственного интеллекта, предназначенные для обслуживания конкретных приложений.

Более подробно инновационные аппаратные решения в области искусственного интеллекта будут рассмотрены в следующей части статьи.

Использование искусственного интеллекта в медицине, фармакологии и микробиологии

Рассмотренный в первом разделе статьи проект «умной теплицы» был

использован для того, чтобы на простом примере показать все этапы участия ИИ в новых разработках, начиная от обоснования базовой идеи и заканчивая практической реализацией.

Вместе с тем существуют технические решения, в которых уникальные возможности искусственного интеллекта используются для решения конкретных задач, требующих углублённой экспертизы и огромных вычислительных мощностей, обеспечивающих правильное решение там, где традиционные методы достигли своих пределов. Наиболее успешные разработки в приборах и оборудовании за последние несколько лет были реализованы с помощью больших мультимодальных моделей.

Для того чтобы продемонстрировать ещё одну функцию генеративной модели Grok-3, мы проанализировали с её помощью публикации, посвящённые использованию ИИ в различных областях науки и техники за последние пять лет (2020–2025 гг.). Первичные оценки были сделаны на основе исследования ведущей мировой базы данных цитирования Web of Science Core Collection, содержащей информацию о тысячах научных журналов, книг, книжных серий и конференций [45].

Кроме того, учитывались материалы, доступные на сайте AI Index Report, которые представляют собой самые обширные и глубокие аналитические ежегодные отчёты о развитии аппаратного обеспечения ИИ [46].

Также были приняты во внимание статьи, опубликованные на сайтах таких ведущих журналов, как: Artificial Intelligence; Journal of Artificial Intelligence Research (JAIR); AI Magazine; IEEE Intelligent Systems; IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems; Nature Machine Intelligence; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI); Science; Proceedings of the National Academy of Sciences.

Согласно AI Index Report, за 2020–2025 годы ежегодно публиковалось в среднем около 300 тысяч статей по ИИ. Таким образом, ИИ Grok проанализировал около двух миллионов публикаций. Эта оценка включает статьи, препринты и материалы конференций из указанных источников.

С помощью большой генеративной модели Grok 3 был выполнен автоматизированный анализ метаданных и

содержания публикаций с использованием методов обработки естественного языка. Результаты этих оценок приведены в табл. 3.

Оставшаяся доля публикаций (20%) распределяется примерно равными частями между другими областями, главными из которых являются: бизнес, торговля, картография и навигация, а также городское и коммунальное хозяйство. Следует подчеркнуть, что приведённые оценки являются приблизительными и зависят как от метода анализа, так и от использованных данных.

Особый интерес представляют разработанные с помощью ИИ приборы и оборудование для медицинских и микробиологических приложений. Недоступные человеку свойства ИИ, такие как, например, способность распознавать мельчайшие детали изображения, запоминать их и мгновенно сравнивать с миллионами других аналогичных визуальных образов, помогли создать действительно уникальное оборудование.

Сегодня мы можем наблюдать, как искусственный интеллект коренным образом изменяет традиционный процесс проектирования электроники, создавая более точные, эффективные и персонализированные решения. Важную роль на этапе проектирования играет создание прототипов в форме 3D-моделей с помощью ИИ.

Например, генеративный ИИ может анализировать биомеханические данные пациента, оптимизируя их форму, вес и прочность для разработки персонализированных ортопедических протезов. Также генеративный ИИ способен моделировать сложные биологические процессы, такие как кровотоки в сосудах и их состояние, для проектирования в особо сложных случаях кардиологических стентов или катетеров с улучшенной функциональностью.

Использование ИИ значительно улучшает диагностическую визуализацию. Современные кардиографы с интегрированным ИИ используют нейронные сети и алгоритмы машинного обучения для автоматической расшифровки ЭКГ. Они анализируют большие объёмы данных, включая необработанные сигналы, и выявляют паттерны, которые могут быть незаметны человеку.

Например, врачебные ошибки диагностики инфаркта миокарда на осно-

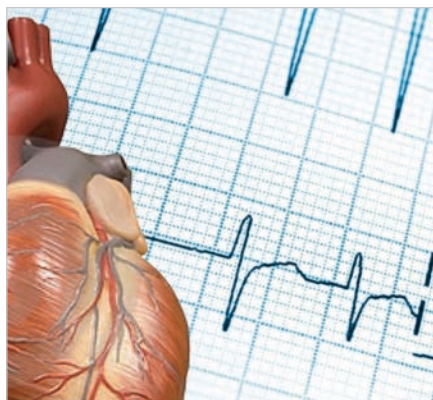


Рис. 8. Врачи скорой помощи могут анализировать кардиограмму только «на глаз», упуская характерные особенности сердечной деятельности конкретного человека

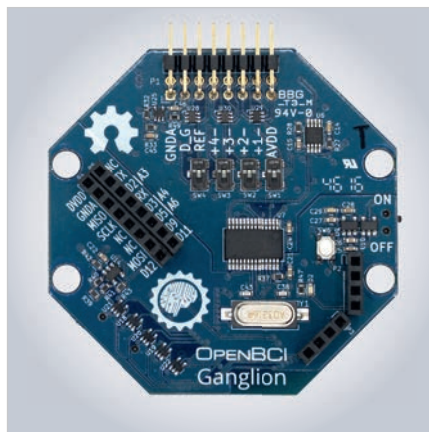


Рис. 9. Мобильный вариант «Ganglion» аппаратной части платформы «OpenBCI» выполнен на базе компактной 4-канальной платы



Рис. 10. Компьютерная томография с использованием ИИ даёт возможности диагностики опасных заболеваний головного мозга

вании только первого измерения, проведённого с помощью классического кардиографа с самописцем, по данным исследований превышают в ряде случаев 30%. Врачи скорой помощи могут анализировать кардиограмму только «на глаз», упуская характерные особенности сердечной деятельности конкретного человека (рис. 8).

Современные диагностические комплексы с искусственным интеллектом, обученным на примерах сотен тысяч кардиограмм, способны выявить мельчайшие признаки заболевания даже при первом измерении [47, 48].

Исследования Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова показали, что ИИ, используя корреляционный анализ частот колебаний сигнала, которые фактически недоступны человеческому глазу, позволяет выявить снижение диастолической функции миокарда с точностью до 94%. В то же время точность ручной интерпретации в таких критических случаях не превышала 60% [49].

В первом разделе статьи на простом примере была показана важность использования специализированных медицинских платформ для проектирования электронного оборудования. Кроме отмеченных в первом разделе ИИ-платформ широкого диапазона действия существуют и узкоспециализированные ИИ-платформы, такие как, например: Autodesk, TensorFlow, PyTorch, OpenBCI [50–52]. Эти платформы значительно упрощают разработку новых моделей медицинского оборудования.

В качестве примера можно привести проект с открытым исходным

кодом Open Brain-Computer Interface – OpenBCI, созданный с помощью ИИ GitHub для интерфейсов «мозг–компьютер». Открытая платформа OpenBCI, предназначенная для разработки интерфейсов мозг–компьютер, предоставляет медикам инструменты для сбора и анализа биосигналов, таких как электроэнцефалография (ЭЭГ), электромиография (ЭМГ) и электрокардиография (ЭКГ). Платформа включает аппаратное обеспечение (микроконтроллеры и сенсоры) и программное обеспечение (графический интерфейс, библиотеки для Python, Node.js и других языков).

Существует две базовые модели OpenBCI. Расширенный вариант Cyton на базе 8-канальной платы с возможностью расширения до 16 каналов с модулем Daisy предназначен для высококачественной записи биосигналов с низким уровнем шума. Мобильный вариант Ganglion выполнен на базе компактной 4-канальной платы (рис. 9) [52].

Модуль Wi-Fi Shield позволяет передавать данные на высоких скоростях (до 1000 Гц), что особенно важно для исследований, требующих высокой точности [53]. С помощью адаптера cEEGrid Adapter можно проводить суточное мониторирование ЭЭГ [54]. Программное обеспечение OpenBCI GUI предназначено для визуализации и обработки данных в реальном времени с поддержкой Mac, Windows, Linux. Библиотеки Python/Node.js позволяют разработчикам интегрировать данные OpenBCI в свои приложения, включая обработку с помощью ИИ GitHub. Поддержка протоколов LSL (Lab Streaming Layer) даёт

возможность синхронизации с другими устройствами и программами. Это позволяет комбинировать данные ЭЭГ, например, с данными от глазных трекеров или датчиков сердечного ритма [55] (рис. 10).

Взрывной характер разработок с использованием ИИ в компьютерной томографии, наблюдавшийся в период пандемии COVID-19 (2019–2023 гг.), привёл к тому, что в настоящее время это одно из наиболее развитых направлений в современной медицине [56].

Анализ в реальном времени мультимодальных данных, использующий визуализацию микроаномалий, а также их компьютерную обработку с помощью ИИ, позволяет диагностиро-

Таблица 3. Распределение количества публикаций по областям применения за период 2020–2025 гг.

№ п/п	Область использования ИИ	Количество публикаций за период 2020–2025 гг., %
1	Медицина, включая микробиологию	30%
2	Робототехника, включая БПЛА, а также морской и наземный беспилотный транспорт	20%
3	Электроника, включая разработку и производство электронных компонентов	15%
4	Квантовые вычисления, включая квантовые компьютеры и разработку новых материалов с помощью квантовой физики и химии	10%
5	Фармакология, включая разработку новых лекарственных препаратов, действующих на молекулярном уровне	5%



Рис. 11. В модели AI ATOM-1 используется метод «химического картирования» молекул РНК

вать начало таких заболеваний головного мозга, как, например, деменция, аневризмы и метастазы [57] (рис. 11).

В качестве одного из успешных реализованных проектов необходимо отметить также российский Медицинский цифровой диагностический центр (MDDC), который предоставляет практикующим врачам услуги по установлению диагноза с помощью искусственного интеллекта и современного медицинского оборудования. При этом можно поставить диагноз удалённо, пересылая в реальном времени полученные в своей клинике инструментальные данные измерений, анализов, аудио- и текстовых заключений. Кроме того, можно провести в центре MDDC и дополнительное непосредственное обследование. Так, с помощью комплексного оборудования компьютерной томографии, включающего ИИ, в клинике SberMedAI имеется возможность выявлять ранние симптомы раковых заболеваний с очень высокой точностью.

Другое быстроразвивающееся направление связано с использованием ИИ в молекулярной биологии. Такие разработки позволяют создавать новые биологические электронные компоненты, такие как, например, молекулярные транзисторы [59], квантовые точки на органических молекулах [60], биосенсоры [61].

С другой стороны, внедрение ИИ в молекулярную биологию ускоряет создание абсолютно нового класса лекарств на основе РНК (рибонуклеиновая кислота) [62].

Огромный объём информации, которую ИИ способен обрабатывать за секунды, миллиарды токенов, усвоенных моделью в период обучения, а так-



Рис. 12. Китайский БПЛА Wing Loong II, созданный и эксплуатируемый с помощью ИИ

же доступ к дата-центрам позволяют искусственному интеллекту предсказывать структуры органических молекул с заданными свойствами за считанные минуты. Для проведения подобных исследований с использованием только современных традиционных методов поиска, таких как рентгеновская кристаллография, ядерный магнитный резонанс или криоэлектронная микроскопия, потребовались бы недели и месяцы.

Таким образом, ИИ помогает в создании молекул для новых медикаментов, оптимизируя процесс их проектирования. Это направление, получившее название De Novo Design, использует глубокие нейронные сети для проектирования молекул с заданными свойствами.

С помощью генеративного моделирования ИИ может предлагать химические структуры, которые затем будут тестироваться в реальных лабораториях. Такие системы уже успешно применялись для разработки молекул, способных взаимодействовать с определёнными биологическими мишенями. Например, с помощью искусственного интеллекта были спроектированы ингибиторы DDR1 с таргетной активностью на уровне наномолярных единиц [63].

Особые свойства ИИ позволили создать лекарственные препараты, работающие даже на геномном уровне. В конце 2023 года была опубликована статья с описанием нового проекта компании Atomic-1 – платформы «AI ATOM-1», предназначенной для разработки лекарств на основе РНК (RNA) [64]. Для предсказания структуры и функции РНК в модели ATOM-1 используется метод визуализации

пространственного распределения химических элементов, получивший название «химическое картирование» – ХК [65].

Без углубления в детали отметим, что ХК позволяет получать образы химических элементов, распределённые в определённой координатной системе, в частности, связанной с векторными или другими физическими координатами [65] (рис. 12). Использование искусственного интеллекта позволило компании Atomic AI разработать ряд РНК-лекарств с уникальными свойствами [66].

Дополнительную информацию на эту тему можно найти в обзорах [67, 68].

Использование ИИ в электронике и робототехнике

С точки зрения использования в современной электронной промышленности наиболее интересны ИИ класса CV&IG (Computer Vision & Image Generation – компьютерное зрение и генерация изображений). В той или иной мере этими качествами обладают последние варианты отмеченных выше таких платформ и моделей, как, например, Google AI Platform, OpenAI GPT-4 Vision, Claude, DeepSeek, GPT-4 Vision, Microsoft Copilot, Google DeepMind Gato, Gemini 2.5 и другие.

Модели класса CV&IG могут анализировать технические чертежи, распознавать компоненты, оказывать помощь в отладке схем и даже давать рекомендации по ремонту неисправной платы на основе анализа её фотографии [69].

Типичным примером специализированных CV&IG является Stable Diffusion

XL. Из характерных особенностей этой модели можно выделить: открытый исходный код; возможность локального запуска; модели специальных технических задач. В качестве примера практического использования можно попросить Stable Diffusion сгенерировать изображения электронных компонентов с точными спецификациями [70].

Другой ИИ этого типа DALL-E 3 отличаются такие черты, как: точное следование текстовым описаниям; понимание технической терминологии; высокая степень детализации; точность в создании технической документации; профессиональное восприятие схем и чертежей; возможность создания 3D-моделей. Кроме того, она может создавать визуализации печатных плат или другие документы. Например, DALL-E 3 в состоянии разработать инструкцию по сборке электронных устройств с пошаговыми иллюстрациями [71].

Новая версия модели AI Midjourney V6 представляет собой профессиональный инструмент, который может генерировать расширенные реалистичные изображения, близкие к фотографии. Максимальное выходное разрешение увеличилось до 2048×2048 пикселей, что почти вдвое больше, чем у других моделей этого класса. Ещё одной характерной особенностью Midjourney V6 является улучшенное понимание и согласованность подсказок, что позволяет точно следовать более длинным и сложным инструкциям. Кроме того, версия V6 имеет новые функции, которые позволяют пользователям многократно редактировать изображения и текстовые подсказки и создавать различные вариации из существующих изображений. Поэтому эта модель может быть использована в качестве незаменимого помощника конструкторов и дизайнеров электронного оборудования [72].

Системы искусственного интеллекта класса CV&IG могут оказаться крайне полезными в тех приложениях, где одновременно нужно наблюдать за процессом, учитывать показания контролирующих датчиков и мгновенно реагировать в реальном времени на критические отклонения ситуации от заданной инструкции.

Анализируя обширные комбинации элементов дизайна, алгоритмы ИИ оптимизируют производительность, надёжность и безопасность наиболее сложных устройств, контроль работы

которых крайне затруднён обычными средствами в реальном времени.

Например, компания Synopsys предлагает разработчикам услуги по оптимизации с помощью специализированного ИИ процессов разработки микросхем [73].

В качестве другого примера можно привести платформу Cadence JedAI Platform, которая значительно ускоряет создание энергоэффективных чипов. Эта платформа, разработанная Cadence для повышения производительности, уменьшения энергопотребления и площади, позволяет инженерам использовать возможности и знания специально обученного ИИ для совершенствования собственных разработок. Это особенно важно для успешных компаний-стартапов, переходящих от опытных разработок к массовому производству [74].

Искусственный интеллект играет очень важную роль в процессах создания прототипов и прогнозирования их работы при различных режимах эксплуатации. Анализ режимов работы реального устройства позволяет искусственному интеллекту вносить динамические изменения параметров в математическую модель прототипа, корректируя её в соответствии с различными критическими ситуациями и тем самым максимально приближая её описание к материальному образцу. Такой подход позволяет прогнозировать и предотвращать аварийные ситуации при опасном совокупном изменении параметров, фиксируемых ИИ и недоступных даже опытному оператору. Кроме того, постоянный контроль параметров работы производственного оборудования предсказывает с помощью ИИ необходимость профилактического обслуживания и замены критически важных компонентов всей системы [75].

Системы искусственного интеллекта, использующие алгоритмы обработки изображений на основе свёрточных нейронных сетей (CNN), нашли широкое применение в оборудовании для высокоточного контроля качества. Эти системы способны выявлять микроскопические дефекты в различных деталях, платах и электронных компонентах с точностью, превосходящей человеческие возможности. Например, система машинного зрения In-Sight, разработанная компанией Cognex, может проводить контроль продукции с разрешением 1600

на 1200 пикселей. Встроенный в систему ИИ анализирует данные с камер высокого разрешения, обнаруживая трещины, неровности или отклонения в размерах, что обеспечивает 99% соответствия заявленным в технической документации параметрам [76].

Одной из наиболее распространённых в промышленных приложениях платформ искусственного интеллекта является Insights Hub, которая образовалась в 2021 г. на базе открытой облачной операционной системы Интернета вещей MindSphere, разработанной Siemens для промышленных приложений. В настоящее время Insights Hub является частью более широкой экосистемы Industrial Operations X, которая объединяет искусственный интеллект, IoT, 3D-модели (цифровые двойники) и редакторы программирования промышленных микроконтроллеров (Mendix).

Из основных областей применения Insights Hub можно отметить: сбор и обработку данных с оборудования, датчиков и систем управления; использование продвинутой аналитики и ИИ для оптимизации производственных процессов; разработку прикладного программного обеспечения и цифровых двойников с помощью ИИ и платформы Mendix; сбор и анализ данных для предиктивной аналитики; генеративное проектирование, предлагающее альтернативные схемы компоновки электронных устройств на основе заданных критериев.

Платформа Insights Hub связывает проектирование с производством через интеграцию с системами Siemens, такими как Teamcenter (PLM) и Simatic IT (MES). Так, например, данные о проектировании платы в Teamcenter могут быть переданы в Insights Hub для анализа, а затем использованы для настройки производственных линий.

Важно то, что Insights Hub поддерживает интеграцию с инструментами машинного обучения, такими, например, как InstantML от Tangent Works, что позволяет разрабатывать целевые ИИ-модели для специфических задач. Кроме того, эта платформа обеспечивает доступ к MindSphere Store и сообществу разработчиков, где можно найти готовые приложения и ресурсы.

Интеграция с Siemens Xcelerator предоставляет разработчикам возможность связи с другими инструментами, в том числе NX для САПР [77, 78].

Автономные транспортные системы и робототехнику на базе ИИ можно рассматривать как отдельный вид моделей класса МММ AI с продвинутыми перцептивными возможностями.

Искусственный интеллект (ИИ) значительно трансформирует процессы проектирования и эксплуатации БПЛА, обеспечивая автоматизацию, оптимизацию и повышение безопасности. На этапе проектирования ИИ применяется для моделирования аэродинамики и оптимизации конструкции, например, через программное обеспечение Siemens Fibersim, которое сокращает вес и затраты на производство за счёт точного расчёта композитных материалов [79].

В последние годы стремительно развиваются во всём мире проектирование и производство беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с использованием искусственного интеллекта. В процессе эксплуатации ИИ обеспечивает автономное управление полётом и обработку данных. При этом специально обученный ИИ позволяет выполнять разведку и наведение с высокой точностью и минимальным участием оператора [80].

Ещё одно приложение, широко использующее МММ AI, связано с системами управления беспилотного транспорта на базе ИИ, которые разрабатывает Google DeepMind [81].

Кроме того, Google DeepMind разработала модели искусственного интеллекта Gemini Robotics и Gemini Robotics-ER для роботов. Эти модели позволяют роботам понимать и взаимодействовать с физическим миром, выполняя сложные задачи, требующие точной моторики.

В отличие от традиционного программирования, где каждое действие робота строго определено, подход DeepMind основан на создании систем, способных самостоятельно адаптироваться к новым задачам. Модели, обученные в симуляциях, успешно переносят полученные навыки в реальный мир, демонстрируя гибкость и универсальность [82].

Компания OpenAI также активно развивает направление роботизированных систем (Multifunctional Robots – MFR), объединяя достижения в области обработки языка и компьютерного зрения с робототехникой.

В 2018 году OpenAI представила систему Dactyl – роботизированную руку, способную манипулировать объ-

ектами с высокой ловкостью. Система была обучена полностью в симуляции с использованием метода Domain Randomization, что позволило успешно перенести навыки в реальный мир без дополнительной настройки [83].

Компания фокусируется на создании роботов, способных воспринимать естественные команды человека и выполнять сложные многоэтапные задачи. Особое внимание уделяется обучению роботов через демонстрацию – система наблюдает за действиями человека и способна повторить их, адаптируя к конкретным условиям.

Система использует две нейросети: одна анализирует визуальные данные, другая – имитирует действия. Это позволяет роботам воспроизводить задачи в различных начальных условиях, даже если они отличаются от демонстрации [84].

OpenAI также экспериментирует с переносом навыков между роботами различной конфигурации, что позволяет ускорить обучение и повысить универсальность систем. Передача навыков между симуляцией и реальностью показала, как можно обучать роботов в симуляции с последующей успешной передачей навыков в реальный мир. Методика включает случайную настройку параметров симуляции, что обеспечивает устойчивость алгоритмов к различиям между симуляцией и реальностью [85].

Недавно компания Figure в сотрудничестве с OpenAI представила гуманоидного робота, способного понимать и выполнять команды на естественном языке. Робот может описывать свои визуальные наблюдения, планировать действия и объяснять свои решения, что стало возможным благодаря интеграции МММ-моделей OpenAI [86].

Приведённые в этой статье примеры далеко не полностью охватывают весь спектр приложений, которые используют возможности искусственного интеллекта для проектирования и создания различных электронных устройств, приборов и оборудования. Однако даже те случаи, которые были отмечены в статье, позволяют понять ту огромную роль, которую играет ИИ в современной и будущей электронике.

Литература

1. Materials Today Electronics, Volume 11, May 2025, 100136. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772949425000026>.

2. Electronics 360, 20 January 2025. URL: <https://electronics360.globalspec.com/article/21814/ai-driven-electronics-design>.
3. Aimagazine, November 01, 2024. URL: <https://aimagazine.com/top10/top-10-ai-platforms>.
4. Litslink 12 Apr, 2025. URL: <https://litslink.com/blog/3-most-advanced-ai-systems-overview>.
5. Pieces for Developers. Feb 20, 2025. URL: <https://pieces.app/blog/top-10-ai-tools-for-developers>.
6. Best AI Platforms of 2025. URL: <https://thectoclub.com/tools/best-artificial-intelligence-platform/>.
7. Google AI Platform. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/exploring-google-clouds-ai-platform-saurabh-anand-vy40e>.
8. Google AI Platform. URL: <https://cloud.google.com/ai-platform/docs>.
9. Vertex AI. URL: <https://cloud.google.com/vertex-ai?hl=ru>.
10. Google Unveils Enterprise AI Platform With Search and Agents. URL: <https://www.pymnts.com/news/artificial-intelligence/2024/google-unveils-enterprise-ai-platform-with-search-agents>.
11. On the Biology of a Large Language Model. URL: <https://transformer-circuits.pub/2025/attribution-graphs/biology.html>.
12. Google AI Studio. URL: https://aistudio.google.com/prompts/new_chat.
13. NotebookLM. URL: <https://notebooklm.google.com/>.
14. SOLAWRAP Canada. URL: <https://solawrap.ca/>.
15. Performance of Chinese Solar Greenhouses in Northern Climates. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311923001234>.
16. Сезон у дачи. URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor-sezon-u-dachi>.
17. Садовый эксперт. URL: <https://bit.ly/3YqnL8i>.
18. Экодевушка. URL: <https://ecoderevushka.ru/snail>.
19. Anthropic Education Report. URL: <https://www.anthropic.com/news/anthropic-education-report-how-university-students-use-claude>.
20. Uni-Plast. URL: <https://uni-plast.ru/zakaz-zvonka>.
21. XEBEL. URL: <https://www.hevelsolar.com/catalog/solnechnye-moduli/modul-fotoelektricheskii-hvl-395hjt/>.
22. OpenAI agrees to buy Windsurf. URL: <https://www.reuters.com/>

- business/openai-agrees-buy-windsurf-about-3-billion-bloomberg-news-reports-2025-05-06/.
23. Anthropic – Claude – LLM. URL: <https://www.anthropic.com/claude>.
24. API – Claude. URL: <https://docs.anthropic.com/claude/>.
25. Getting Started With The Api. URL: <https://docs.anthropic.com/claude/reference/getting-started-with-the-api>.
26. Anthropic Cookbook. URL: <https://github.com/anthropics/anthropic-cookbook>.
27. Perplexity. URL: <https://www.perplexity.ai/>.
28. API. URL: <https://docs.perplexity.ai/>.
29. Grok x.ai. URL: <https://grok.x.ai/>.
30. API. URL: <https://x.ai/api>.
31. Deepseek. URL: <https://www.deepseek.com/>.
32. GitHub repos. URL: <https://github.com/deepseek-ai/DeepSeek-Coder>.
33. API. URL: https://platform.deepseek.com/api_reference.
34. La Plateforme. URL: <https://console.mistral.ai/>.
35. API: <https://docs.mistral.ai/>.
36. GitHub – mistralai. URL: <https://github.com/mistralai>.
37. GitHub Copilot. URL: <https://github.com/features/copilot>.
38. Codex in ChatGPT. URL: <https://m.youtube.com/watch?v=hhdnpbfH6NU>.
39. GitHub Copilot features: URL: <https://github.com/features/copilot>.
40. Education github URL: <https://education.github.com/pack>.
41. Arduino IDE github. URL: <https://github.blog/2023-06-27-how-to-use-github-copilot-in-arduino-ide/>.
42. M3 Ultra 512GB Mac Studio. URL: <https://www.apple.com/lu/newsroom/2025/03/apple-unveils-new-mac-studio-the-most-powerful-mac-ever>.
43. Mac Studio, March 5, 2025. URL: <https://www.apple.com/mac-studio/specs/44>.
44. Amazon Web Services. URL: <https://aws.amazon.com/about-aws/whats-new/2024/11/amazon-trainium2-accelerators-anthropic-ai-training/>.
45. Web of Science Core Collection. URL: <https://webofscience.help.clarivate.com/Content/wos-core-collection/wos-core-collection.htm>.
46. HAI ai-index. URL: <https://hai.stanford.edu/ai-index/2025-ai-index-report>.
47. The LANCET, Volume 6, Issue 10E729-E738October 2024. URL: [https://www.thelancet.com/journals/landig/article/PIIS2589-7500\(24\)00191-2/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/landig/article/PIIS2589-7500(24)00191-2/fulltext).
48. Transforming Cardiovascular Care With Artificial Intelligence. European Heart Journal, 2025. URL: <https://www.jacc.org/doi/10.1016/j.jacc.2024.05.003>.
49. Старая добрая электрокардиограмма и искусственный интеллект. URL: <https://www.sechenov.ru/pressroom/news/staraya-dobraya-elektrokardiogramma-i-iskusstvennyy-intellekt/>.
50. Leveraging Generative AI For Breakthroughs In Medical Device Design. URL: <https://www.forbes.com/councils/forbesbusinessdevelopmentcouncil/2024/05/02/leveraging-generative-ai-for-breakthroughs-in-medical-device-design/>.
51. How to Use AI in Medical Devices. URL: <https://achieviom.com/blog/how-to-use-ai-in-medical-devices-a-step-by-step-guide.html>.
52. Openbci. URL: <https://openbci.com/>.
53. OpenBCI_WIFI. URL: https://github.com/OpenBCI/OpenBCI_WIFI.
54. Openbci-ceegrids. URL: <https://github.com/MKnerim/openbci-ceegrids>.
55. OpenBCI_GUI. URL: https://github.com/OpenBCI/OpenBCI_GUI.
56. Artificial intelligence for the detection of COVID-19. URL: <https://www.nature.com/articles/s41467-020-17971-2>.
57. 3D Foundation AI Model, 4 Feb 2025. URL: <https://arxiv.org/abs/2502.02779>.
58. SberMedAI. CT Lungs. URL: <https://sbermed.ai/>.
59. Current state and perspectives of nanoscale molecular rectifiers. URL: <https://arxiv.org/pdf/2205.05538>.
60. Quantum Dot–Organic Molecule Conjugates as Hosts for Photogenerated Spin Qubit Pairs. URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.2c11952>.
61. Real-Time Detection of CA125. Biosensors 2025, 15, 268. URL: <https://www.mdpi.com/journal/biosensors>.
62. Frameworks for transformational breakthroughs in RNA-based medicines. Nature Reviews Drug Discovery volume 23, pages421–444 (2024). URL: <https://www.nature.com/articles/s41573-024-00943-2>.
63. Artificial intelligence in molecular de novo design: Integration with experiment. ScienceDirect, 2023. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959440X23000490>.
64. ATOM-1: A Foundation Model for RNA Structure. URL: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2023.12.13.571579v1>.
65. Nvidia Developer. URL: <https://bit.ly/4jlxzjb>.
66. Atomic.ai. URL: <https://bit.ly/42LUmXS>.
67. Application of artificial intelligence in medical technologies. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10359663/>.
68. Wang X.-W., Wang T., & Liu Y.-Y. (2024). Artificial Intelligence for Microbiology and Microbiome Research. arXiv preprint. URL: <https://arxiv.org/html/2411.01098v1>.
69. DeepMind Gato. URL: <https://content.techgig.com/technology/gato-by-deepmind-a-single-transformer-to-rule-them-all/articleshow/91785212.cms>.
70. Stable Diffusion XL. URL: <https://stability.ai>.
71. DALL-E 3. URL: <https://openai.com/dall-e-3>.
72. Midjourney V6. URL: <https://midjourneyv6.org/mastering-midjourney-v6/>.
73. Synopsys.ai. URL: <https://www.synopsys.com/ai.html>.
74. Cadence JedAI Platform. URL: https://www.cadence.com/en_US/home/ai/overview.html.
75. The Role of Artificial Intelligence in Predictive Maintenance. URL: <https://bit.ly/4iBgvOv>.
76. Cognex. URL: https://www.cognex.com/products/machine-vision?utm_content=chat.
77. Insights Hub. URL: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/insights-hub/>.
78. Industrial IoT. URL: <https://github.com/mindsphere>.
79. Siemens NX Fibersim. URL: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/nx/products/fibersim-composites/>.
80. Wing Loong II Drone. URL: <https://www.nsin.us/wing-loong-ii/>.
81. Google DeepMind Multifunctional Robots. URL: <https://deepmind.google/discover/blog/building-robots-that-can-perceive-learn-and-understand>.
82. Gemini Robotics brings AI into the physical world. URL: <https://deepmind.google/discover/blog/gemini-robotics-brings-ai-into-the-physical-world/>.
83. Learning dexterity. URL: <https://openai.com/index/learning-dexterity/>.
84. OpenAI leaning into AI Humanoid Robots. URL: <https://michaelparekh.substack.com/p/ai-openai-leaning-into-ai-humanoid>.
85. An Efficient Learning Control Framework With Sim-to-Real. URL: <https://arxiv.org/html/2405.10576v1>.
86. Figure's Humanoid Robots Now Have Brains Powered by OpenAI. URL: <https://www.marketingaiinstitute.com/blog/figure-robots-openai>.

