



*Аннотация – документ предоставляет анализ развития глобальной автоматизации и человекоподобных роботов, уделяя особое внимание различным критическим аспектам, технологическим достижениям в области человекоподобных роботов, в частности интеграции комплексного искусственного интеллекта и мультимодальных алгоритмов искусственного интеллекта, которые значительно расширяют возможности роботов в решении сложных задач и процессах принятия решений. В документе также рассматриваются экономические последствия, подчёркивая потенциал человекоподобных роботов в замене человеческих ролей, тем самым не только повышая безопасность, но и решая проблему нехватки рабочей силы в важнейших секторах, и стратегические последствия этих технологических достижений для глобальных рынков труда и конкурентоспособности промышленности.*

*Материал полезен для специалистов в области безопасности, которые заинтересованы в понимании влияния роботизированной автоматизации на меры безопасности и защиту инфраструктуры. Кроме того, этот анализ служит ценным ресурсом для отраслевых специалистов из различных секторов, предоставляя представление о том, как человекоподобные роботы могут быть интегрированы в их деятельность для повышения эффективности, безопасности и инноваций.*

## I. ВВЕДЕНИЕ

Гуманоидные роботы — это усовершенствованные машины, разработанные для имитации человеческой формы и поведения, оснащённые сочленёнными конечностями, усовершенствованными датчиками и часто способностью к социальному взаимодействию. Эти роботы все чаще используются в различных секторах, включая здравоохранение, образование, промышленность и сферу услуг, благодаря их адаптируемости к среде обитания человека и способности выполнять задачи, требующие человеческой ловкости и взаимодействия.

В здравоохранении человекоподобные роботы помогают выполнять клинические задачи, оказывают эмоциональную поддержку и помогают в реабилитации пациентов. В сфере образования они служат интерактивными компаньонами и персональными наставниками, улучшая опыт обучения и способствуя социальной интеграции детей с особыми потребностями. Промышленный сектор извлекает выгоду из человекоподобных роботов за счёт автоматизации повторяющихся и опасных задач, повышения эффективности и безопасности. Кроме того, в сфере услуг эти роботы оказывают помощь клиентам, направляют посетителей и выполняют задачи технического обслуживания, демонстрируя свою универсальность и потенциал для преобразования различных аспектов повседневной жизни.

## II. ПРОГНОЗЫ РЫНКА ЧЕЛОВЕКОПОДОБНЫХ РОБОТОВ

Рынок человекоподобных роботов находится на пороге существенного роста, и прогнозы указывают на многомиллиардный объём рынка к 2035 году. Ключевые факторы включают достижения в области искусственного интеллекта, снижение затрат и растущий спрос на автоматизацию в опасных отраслях и на производстве.

- Отчёт Goldman Sachs (январь 2024 г.):
  - **Общий объём адресуемого рынка (TAM):** ожидается, что объём рынка человекоподобных роботов достигнет 38 миллиардов долларов к 2035 году, по сравнению с первоначальным прогнозом в 6 миллиардов долларов, что обусловлено четырёхкратным увеличением прогнозов поставок до 1,4 миллиона единиц.
  - **Оценки поставок:** Базовый сценарий прогнозирует совокупный годовой темп роста (CAGR) на 53% в период с 2025 по 2035 год, при этом поставки достигнут 1,4 млн единиц к 2035 году. Согласно оптимистичному сценарию, поставки достигнут 1 миллиона единиц к 2031 году, что на четыре года опережает предыдущие ожидания.
  - **Снижение затрат:** Стоимость роботов высокой спецификации снизилась на 40% до 150 000 долларов за единицу в 2023 году по сравнению с 250 000 долларами в предыдущем году из-за более дешёвых компонентов и более широкой внутренней цепочки поставок.
- **Маркетинговые исследования Data Bridge:** ожидается, что мировой рынок человекоподобных роботов вырастет с 2,46 миллиарда долларов в 2023 году до 55,80 миллиарда долларов к 2031 году, при среднем росте на 48,5% в течение прогнозируемого периода.
- **SkyQuestt:** По прогнозам, рынок вырастет с 1,48 миллиарда долларов в 2019 году до 34,96 миллиарда долларов к 2031 году, при CAGR 42,1%.

- **GlobeNewswire:** Мировой рынок человекоподобных роботов, оцениваемый примерно в 1,3 миллиарда долларов в 2022 году, как ожидается, увеличится до 6,3 миллиарда долларов к 2030 году при среднегодовом росте в 22,3%.
- **Компания по исследованию бизнеса:** ожидается, что рынок вырастет с 2,44 миллиарда долларов в 2023 году до 3,7 миллиарда долларов в 2024 году, при CAGR 51,6%. По прогнозам, к 2028 году объём рынка достигнет 19,69 миллиарда долларов, а CAGR составит 51,9%.
- **Исследование Grand View:** Размер рынка: Мировой рынок человекоподобных роботов оценивался в 1,11 миллиарда долларов в 2022 году и, как ожидается, вырастет в среднем на 21,1% с 2023 по 2030 год.
- **Goldman Sachs (февраль 2024 г.):** рынок может достичь 154 миллиардов долларов к 2035 году, что сопоставимо с мировым рынком электромобилей и одной третью мирового рынка смартфонов по состоянию на 2021 год.
- **Macquarie Research:** Согласно нейтральному прогнозу, ожидается, что мировой рынок роботогуманоидов достигнет 107,1 миллиарда долларов к 2035 году, а CAGR с 2025 по 2035 год составит 71%.

#### A. Ключевые движущие силы и тенденции

- **Технологические достижения:** Значительный прогресс в области комплексного искусственного интеллекта и мультимодальных алгоритмов искусственного интеллекта, ускоряет итерации продукта и улучшает возможности роботов.
- **Снижение затрат:** Доступность более дешёвых компонентов и усовершенствования в дизайне и технологиях производства снижают затраты, делая разработки более экономически выгодными.
- **Последствия для рынка труда:** Национальная политика повышает спрос на роботов для выполнения опасных работ с потенциальным применением в производстве, спасении при стихийных бедствиях и уходе за пожилыми людьми.
- **Инвестиции и динамика рынка:** Увеличение инвестиций со стороны цепочек поставок, стартапов и компаний, зарегистрированных на бирже, особенно в США и Азии, являются движущей силой роста рынка. Государственная поддержка, особенно со стороны Китая, также является важным фактором.

### III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

В разработке человекоподобных роботов произошёл значительный технологический прогресс, обусловленный улучшениями в области искусственного интеллекта (ИИ), машинного обучения, интеграции датчиков и проектирования аппаратного обеспечения. Эти достижения позволяют человекоподобным роботам выполнять все

более сложные задачи и более естественно взаимодействовать с окружающей средой.

#### A. Интеграция искусственного интеллекта и машинного обучения

- **Сквозной искусственный интеллект:** Интеграция сквозного искусственного интеллекта и мультимодальных алгоритмов искусственного интеллекта позволила ускорить итерации продукта и улучшить возможности человекоподобных роботов. Такой подход позволяет роботам выполнять задачи от исходных команд до конечных результатов в соответствии с самогенерируемыми искусственным интеллектом правилами, а не с заранее запрограммированными инженерами-программистами.
- **Обучение с подкреплением (RL):** Рамки RL, такие как та, которая использовалась при разработке гуманоидного робота "Адам", значительно повысили эффективность процессов имитационного обучения. Эти платформы позволяют роботам достигать производительности, сравнимой с работой человека, в сложных задачах по перемещению, используя данные о передвижении человека для имитационного обучения.
- **Большие языковые модели (LLM):** Интеграция мультимодальных LLM, таких как Google Gemini и мультимодальный ChatGPT 4, улучшает способность роботов "слышать" и "видеть", способствуя более тонкому и интерактивному взаимодействию с миром. Это сближение переопределяет взаимодействие человека и робота, позволяя роботам беспрепятственно работать в реальных условиях.

#### B. Интеграция и объединение датчиков

- **Усовершенствованные датчики:** роботы оснащены различными датчиками, включая инерциальные измерительные блоки (IMU) для определения пространства, лидары для определения глубины и камеры для визуального восприятия, что позволяет им ощущать и понимать окружающую обстановку, позволяя им ориентироваться, общаться и принимать решения автономно.
- **Методы объединения датчиков:** нейронные сети, байесовский вывод и фильтрация Калмана, используются для объединения данных датчиков в режиме реального времени, обеспечивая полную картину окружения робота. Это позволяет роботам предсказывать своё положение, составлять карту окружающей среды и идентифицировать объекты и препятствия на своём пути.

#### C. Улучшения аппаратного обеспечения и дизайна

- **Снижение затрат:** Стоимость роботов с высокими техническими характеристиками значительно снизилась, что обусловлено наличием более дешёвых компонентов и более широкой внутренней

цепочкой поставок. Такое снижение затрат ускоряет сроки применения человекоподобных роботов на заводах и у потребителей.

- **Инновационные конструктивные решения:** Новые конструктивные решения, такие как те, которые используются в роботе "Адам", повышают эффективность процесса имитационного обучения, что позволяет роботам демонстрировать человекоподобные характеристики при выполнении задач передвижения.
- **Усовершенствования батареи и привода:** Увеличение срока службы батареи и конструкции привода имеют решающее значение для повышения мобильности и манёвренности человекоподобных роботов. Например, роботы, оснащённые гидравлическими приводами, обычно могут работать короткими очередями, но ожидается, что развитие аккумуляторных технологий обеспечит более длительные периоды работы.

#### *D. Взаимодействие человека и робота и когнитивные способности*

- **Когнитивные алгоритмы:** Исследователи разрабатывают алгоритмы, имитирующие важные аспекты человеческого познания, такие как восприятие, внимание, память, обучение и рассуждение. Эти когнитивные способности позволяют роботам расшифровывать сенсорную информацию, концентрироваться на релевантных входных данных, хранить и извлекать знания, а также планировать действия на основе прогнозов.
- **Эмоциональное и социальное взаимодействие:** Гуманоидные роботы, такие как PEPER, предназначены для оказания эмоциональной поддержки путём определения выражения лица и тембра голоса, корректируя своё взаимодействие для создания комфортной обстановки. Эта возможность особенно ценна в медицинских учреждениях.

#### *E. Реальные приложения и варианты использования*

- **Промышленные и опасные среды:** Человекоподобные роботы все чаще используются в промышленных условиях для автоматизации повторяющихся и потенциально опасных задач. Их манёвренность и точность используются при проверке и обслуживании агрессивных сред, повышая эффективность промышленных операций.
- **Здравоохранение и образование:** В здравоохранении человекоподобные роботы помогают выполнять клинические задачи и оказывают эмоциональную поддержку пациентам. В сфере образования они служат интерактивными компаньонами и персональными наставниками, способствуя социальной интеграции и персонализированному обучению.

#### IV. Влияние человекоподобных роботов на рынок труда

Ожидается, что интеграция человекоподобных роботов в различные отрасли промышленности будет иметь серьёзные последствия для рынка труда. Эти последствия охватывают смену места работы, создание новых рабочих мест, изменения должностных ролей и необходимость переподготовки кадров.

##### *A. Перемещение и создание рабочих мест*

- **Замещение рутинных работ:** Человекоподобные роботы, вероятно, заменят рабочие места, связанные с повторяющимися ручными и рутинными задачами. Сюда входят такие роли, как работники производственной линии, специалисты по контролю качества и операторы станков. Внедрение роботов в этих областях может привести к значительной потере рабочих мест, особенно в обрабатывающей и автомобильной промышленности.
- **Создание новых рабочих мест:** хотя роботы могут заменить определённые рабочие места, они также создают новые возможности, особенно для высококвалифицированных специалистов. Эти новые рабочие места включают специалистов по системам искусственного интеллекта, программистов роботов и техников по техническому обслуживанию. Переход к более продвинутым ролям требует от работников развития новых навыков и адаптации к работе бок о бок с роботами.

##### *B. Влияние на заработную плату и занятость*

- **Снижение заработной платы:** Внедрение роботов на рынок труда было связано со снижением заработной платы. Например, исследования показали, что на каждого добавленного робота на 1000 работников приходится снижение заработной платы примерно на 0,42%, а соотношение занятости к численности населения уменьшается на 0,2 процентных пункта.
- **Сокращение занятости:** Внедрение роботов может привести к сокращению возможностей трудоустройства. Исследования показывают, что увеличение числа роботов на тысячу работающих снижает соотношение занятости к численности населения на 0,18–0,34 процентных пункта.

##### *C. Воздействие на конкретный сектор*

- **Производство:** ожидается, что в производственном секторе произойдут значительные изменения в связи с внедрением человекоподобных роботов. Роботы могут выполнять такие задачи, как сборка электромобилей, сортировка компонентов и другие работы в структурированной среде. Это может восполнить 4% прогнозируемого дефицита рабочей силы в обрабатывающей промышленности США к 2030 году.

- **Уход за пожилыми людьми:** по прогнозам, к 2035 году гуманоидные роботы также удовлетворят 2% мирового спроса на услуги по уходу за пожилыми людьми. Это приложение особенно актуально в странах со стареющим населением и нехваткой лиц, осуществляющих уход.

#### D. Переподготовка и адаптация персонала

- **Инициативы по переквалификации:** для смягчения негативных последствий смены работы необходимы комплексные программы переквалификации и повышения квалификации. Эти программы должны быть сосредоточены на обучении работников навыкам, необходимым для работы с роботами и сотрудничества с ними. Правительства и предприятия должны инвестировать в образование и профессиональную подготовку, чтобы подготовить рабочую силу к будущему.
- **Адаптация к новым ролям:** Работникам необходимо будет адаптироваться к новым ролям, которые предполагают выполнение более сложных, творческих и чутких задач. Роботы возьмут на себя монотонные и физически сложные задачи, позволив людям сосредоточиться на более ценной работе.

#### E. Экономические и социальные последствия

- **Производительность и рост ВВП:** ожидается, что внедрение роботов приведёт к значительному росту производительности, что, в свою очередь, может увеличить валовой внутренний продукт (ВВП). Например, было показано, что растущее использование промышленных роботов увеличивает ежегодный рост ВВП на 0,36% в 17 странах.
- **Экономическое неравенство:** Преимущества автоматизации и робототехники, вероятно, достанутся владельцам капитала и квалифицированным работникам, что потенциально усилит экономическое неравенство. Крайне важно внедрять политику, обеспечивающую равный доступ к преимуществам автоматизации и поддержку перемещённых работников.

#### F. Этические и социальные соображения

- **Взаимодействие человека и робота:** Появление человекоподобных роботов вызывает этические опасения по поводу замены человеческих отношений роботизированными. С точки зрения философии ubuntu, человеческие отношения необходимы для того, чтобы стать полностью человеком, а роботизированные отношения могут привести к социальной изоляции и снижению моральной свободы.
- **Политика и регулирование:** существует потребность в надёжных этических рамках и нормативных актах, которыми можно руководствоваться при развёртывании и

использовании человекоподобных роботов. Это включает в себя соображения, касающиеся конфиденциальности, безопасности и этических последствий того, что роботы берут на себя роли, традиционно выполняемые людьми

#### V. УВЕЛИЧЕНИЕ ИНВЕСТИЦИЙ И ФИНАНСИРОВАНИЯ

Источники подчёркивают значительные инвестиции и финансирование, вливаемые в сектор гуманоидной робототехники, благодаря потенциалу этой новой технологии и участию крупных технологических компаний и инвесторов.

- **Масштабный раунд финансирования Figure AI:** Стартап Figure AI, занимающийся разработкой человекоподобных роботов, привлёк 675 миллионов долларов в раунде финансирования серии B, что оценивало компанию в 2,6 миллиарда долларов постфактум. Раунд финансирования привлёк известных инвесторов, в том числе Джеффа Безоса (через Bezos Expeditions), Microsoft, Nvidia, стартап-фонд OpenAI, Индустриально-инновационный фонд Amazon, Intel Capital, Align Ventures и ARK Invest.
- **Участие крупных технологических компаний:**
  - OpenAI, компания, стоящая за ChatGPT, заключила соглашение о сотрудничестве с Figure AI для разработки моделей искусственного интеллекта следующего поколения для человекоподобных роботов, объединив исследования OpenAI с опытом Figure в области робототехники.
  - Microsoft инвестирует 95 миллионов долларов в Figure AI и предоставит свои облачные сервисы Azure для инфраструктуры искусственного интеллекта, обучения и хранения данных.
  - Nvidia, ведущий производитель чипов, инвестирует 50 миллионов долларов в искусственный интеллект.
  - Инвестиционное подразделение Amazon и венчурный фонд Intel Capital также участвуют в раунде финансирования.
- **Другие значительные инвестиции:**
  - Норвежский стартап 1X Technologies привлёк 100 миллионов долларов финансирования от OpenAI.
  - Компания Agility Robotics, поддержанная Amazon в 2022 году, тестирует своих человекоподобных роботов на складах Amazon.
  - Sanctuary AI разрабатывает гуманоидного робота по имени Феникс.
  - Повышенный интерес со стороны венчурных компаний: Венчурные компании, такие как Parkway Venture Capital, Align Ventures, ARK

Venture Fund, Aliya Capital Partners и Tamarack, инвестируют в стартапы в области гуманоидной робототехники. Ситуация с финансированием остается сложной, но бум искусственного интеллекта дал надежду стартапам в области гуманоидной робототехники.

- **Государственная поддержка:** потенциальная государственная поддержка, особенно со стороны Китая, рассматривается как фактор, стимулирующий рост рынка

## VI. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

### A. Технологические достижения:

- Интеграция сквозного искусственного интеллекта и мультимодальных алгоритмов искусственного интеллекта:
- Внедрение комплексного искусственного интеллекта и мультимодальных алгоритмов искусственного интеллекта ускорило итерации продукта и улучшило возможности роботов.
- Это позволило ускорить циклы разработки и усовершенствования в таких областях, как манипулирование и взаимодействие, как показано в различных продуктах, выпущенных в 2023 году (например, Tesla Optimus Gen 2).

### B. Достижения в области оборудования и цепочки поставок:

- Усовершенствованные конфигурации оборудования и более широкая производственная цепочка поставок, особенно в Китае, способствовали технологическому прогрессу.
- Доступность более дешёвых компонентов и более широкий спектр внутренних цепочек поставок привели к снижению затрат.
- Разработка роботизированных систем управления, таких как PaLM-E, PaLI-X и RT-2, позволила значительно улучшить возможности обработки естественного языка, зрения и управления человекоподобными роботами.

### C. Экономическая жизнеспособность:

- Стоимость спецификации высокопроизводительных человекоподобных роботов снизится на 40% до 150 000 долларов за единицу в 2023 году по сравнению примерно с 250 000 долларов в предыдущем году.
- Такое снижение затрат обусловлено наличием более дешёвых компонентов и более широкой внутренней цепочкой поставок, что повышает экономическую целесообразность применения на заводах и у потребителей.

### D. Ускоренные сроки для обеспечения коммерческой жизнеспособности:

- Основываясь на снижении затрат и технологических достижениях, предполагается, что заводские приложения могут стать экономически выгодными в период с 2024 по 2027 год, на год раньше, чем ожидалось ранее (2025–2028).
- Ожидается, что потребительские приложения станут экономически жизнеспособными в период с 2028 по 2031 год, что на 2–4 года раньше предыдущего прогноза (2030–2035).

### E. Потенциальный спрос и замещение рабочей силы:

- Учитывая текущие технологические возможности, наблюдается заметный спрос на человекоподобных роботов в структурированных средах, таких как производство (например, сборка электромобилей, сортировка компонентов).
- Для выполнения опасных задач, таких как специальные операции, спасение в случае стихийных бедствий и техническое обслуживание ядерных установок, заказчики могут быть готовы платить более высокую цену за человекоподобных роботов из-за их адаптивности, обеспечиваемой алгоритмами искусственного интеллекта.
- Предполагая, что уровень замещения рабочей силы в этих областях составит 5–15%, мировой спрос на человекоподобных роботов потенциально может достичь 1,1–3,5 млн единиц.

## VII. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ТЕНДЕНЦИИ

### A. Географические представления

Рынок человекоподобных роботов переживает значительный рост в различных регионах, чему способствуют технологические достижения, растущий спрос на автоматизацию и поддерживающая государственная политика.

#### 1) Северная Америка

- **США:** США являются крупным игроком на рынке человекоподобных роботов, а такие компании, как Tesla и Boston Dynamics, лидируют в разработке роботов. Ожидается, что регион будет доминировать на мировом рынке человекоподобных роботов благодаря надёжным технологическим экосистемам и значительным инвестициям в исследования и разработки. Рынок США в настоящее время оценивается в 430,8 миллиона долларов.

- **Канада и Мексика:** Эти страны также являются частью североамериканского рынка, извлекая выгоду из технологических достижений и инвестиций в регионе.

#### 2) Южная Америка

- **Бразилия и Аргентина:** Эти страны являются частью растущего южноамериканского рынка

человекоподобных роботов, чему способствуют растущие инвестиции в автоматизацию и технологические достижения

### 3) Азиатско-Тихоокеанский регион

- **Китай:** Китай настойчиво добивается массового производства человекоподобных роботов с целью стать мировым лидером в этой области к 2025 году. Китайское правительство выпустило руководящие принципы по ускорению разработки человекоподобных роботов, уделяя особое внимание ключевым технологиям, таким как искусственный интеллект, высокотехнологичное производство и новые материалы. Страна стремится создать внутреннюю экосистему для человекоподобных роботов, и ожидается, что продукция будет запущена в массовое производство к 2025 году. Прогнозируется, что рынок Китая вырастет в среднем на 26,7%, что указывает на высокий рыночный потенциал.
- **Япония:** Япония имеет давнюю традицию интеграции робототехники в различные отрасли промышленности, включая производство, здравоохранение и развлечения. Японские компании, такие как Fanuc и Softbank Robotics, являются пионерами в этой области, а стареющее население страны стимулирует разработку роботов для ухода за пожилыми людьми. Прогнозируется, что темпы роста японского рынка составят 17,5%.
- **Южная Корея:** Южная Корея известна своими инновациями в области человекоподобных роботов, подкреплёнными технологическим опытом и правительственными инициативами. Страна является домом для передовых компаний в области робототехники, таких как Корейский передовой институт науки и технологий (KAIST).
- **Другие страны Азиатско-Тихоокеанского региона:** Такие страны, как Индия, Австралия, Сингапур и Тайвань, также добиваются значительных успехов на рынке человекоподобных роботов благодаря инвестициям в исследования и разработки и внедрению технологий автоматизации.

### 4) Европа

- **Германия:** Германия является лидером в области промышленной робототехники и автоматизации с мощной производственной базой, стимулирующей инновации. Немецкие компании, такие как KUKA и Festo, находятся на переднем крае разработки интеллектуальных роботов для различных промышленных применений. Рынок страны находится на пути к расширению в среднем примерно на 20,9%.
- **Великобритания, Франция и Италия:** Эти страны также являются ключевыми игроками на европейском рынке человекоподобных роботов, извлекая выгоду из сильных исследовательских институтов и инвестиций в робототехнику.

- **Скандинавские страны:** Дания и Швеция известны своим вкладом в совместную робототехнику и промышленную автоматизацию. Такие компании, как Universal Robots и АБВ, лидируют в разработке гибких и удобных в использовании роботов.

### 5) Ближний Восток и Африка

- **Регион ССАГПЗ (GCC):** Страны Совета сотрудничества Арабских государств Персидского залива (ССАГПЗ), особенно Саудовская Аравия и ОАЭ, вкладывают значительные средства в робототехнику и автоматизацию в рамках своих стратегий диверсификации экономики. В регионе наблюдается значительный рост внедрения человекоподобных роботов для различных применений, включая здравоохранение и обслуживание клиентов.

### В. Компании в секторе человекоподобных роботов

Рынок человекоподобных роботов характеризуется разнообразием компаний, разбросанных по Северной Америке, Азиатско-Тихоокеанскому региону, Европе и другим регионам. Ключевые игроки, такие как Tesla, Boston Dynamics, SoftBank Robotics и UBTECH Robotics, стимулируют инновации и коммерциализацию в этом секторе. Географическое распределение этих компаний подчёркивает глобальный характер рынка человекоподобных роботов, значительный вклад в который вносят США, Китай, Япония, Южная Корея и различные европейские страны.

### С. Известные мировые бренды Человекоподобных Роботов

- **Sophia (Hanson Robotics):** Социальный робот, известный своей способностью взаимодействовать с людьми и выполнять различные задачи.
- **Pepper (SoftBank Robotics):** Получеловеческий робот, предназначенный для считывания эмоций и взаимодействия с людьми на нескольких языках.
- **Atlas (Boston Dynamics):** Усовершенствованный робот, разработанный для применения в реальных условиях и известный своей ловкостью и мобильностью.
- **Digit (Agility Robotics):** Многоцелевой робот, предназначенный для навигации и выполнения задач в различных условиях.
- **Phoenix (Sanctuary AI):** Робот общего назначения, предназначенный для выполнения широкого спектра человеческих задач.
- **Optimus (Tesla):** робот, разработанный для промышленного применения с использованием искусственного интеллекта и производственного опыта Tesla.
- **TALOS (PAL Robotics):** робот, разработанный для промышленного применения, известный своими высокопроизводительными датчиками и передовыми системами управления

#### D. Северная Америка

##### 1) США:

- **Tesla:** Известная своим роботом Optimus, компания использует свой искусственный интеллект и производственный опыт для разработки человекоподобных роботов для промышленного применения.
- **Boston Dynamics:** Компания Boston Dynamics, лидер в области передовой робототехники, известна своим роботом Atlas, который разработан для реальных применений.
- **Agility robotics:** Специализируется на многоцелевых роботах, таких как Digit, которые предназначены для навигации и выполнения задач в различных средах.
- **Figure AI:** фокусируется на создании коммерчески жизнеспособных автономных роботов-гуманоидов, направленных на решение проблемы нехватки рабочей силы.
- **Promobot Corp.:** Разрабатывает сервисных роботов для связей с общественностью, личной помощи и ухода.
- **Kindred Inc.** Занимается разработкой роботов, управляемых искусственным интеллектом, для различных применений.
- **National Aeronautics and Space Administration (NASA):** Участвует в разработке человекоподобных роботов для исследования космоса и других передовых применений.

##### 2) Канада:

- **Sanctuary AI:** Известен своим человекоподобным роботом общего назначения Phoenix, который предназначен для выполнения широкого спектра человеческих задач.
- **Diligent Robotics** Разрабатывает роботом-помощников, таких как Moxi, для поддержки медицинских работников при выполнении рутинных задач.

#### E. Азиатско-Тихоокеанский регион

##### 1) Китай:

- **UBTECH Robotics:** ведущая компания по производству искусственного интеллекта и гуманоидной робототехники, известная разработкой потребительских и бизнес-роботов.
- **Unitree Robotics:** Известна своим гуманоидным роботом H1, который установил стандарты скорости и маневренности.
- **Hanson Robotics:** Известна своим социальным роботом Софией, которая может взаимодействовать с людьми и выполнять различные задачи.

- **Xiaomi:** Занимается разработкой передовой робототехники и технологий искусственного интеллекта.

##### 2) Япония:

- **SoftBank Robotics:** Известна своими социальными роботами, такими как Pepper, которые могут считывать эмоции и взаимодействовать с людьми.
- **Honda Motor Co., Ltd.:** Разрабатывает продвинутых человекоподобных роботов для различных применений.
- **Toyota Motor Corporation:** Известна своим роботом T-HR3, которым можно управлять дистанционно и который предназначен для безопасного взаимодействия с людьми.
- **Kawada Robotics:** Занимается разработкой человекоподобных роботов для промышленного применения.
- **ROBOTIS:** Специализируется на компонентах и системах робототехники.
- **Hajime Research Institute, Ltd.:** Специализируется на передовых исследованиях и разработках в области робототехники.
- **Advanced Telecommunications Research Institute International (ATR):** Участвует в передовых исследованиях в области робототехники.

##### 3) Южная Корея:

- **Samsung Electronics:** Разрабатывает передовые технологии робототехники и искусственного интеллекта для различных приложений.
- **HYULIM Robot Co., Ltd.** Занимается разработкой человекоподобных роботов для промышленного и коммерческого использования.

#### F. Европа

##### 1) Испания:

- **PAL robotics:** Известна настраиваемыми роботами-гуманоидами, такими как TALOS, разработанными для промышленного и коммерческого применения.
- **Macco Robotics:** Разрабатывает роботов для гостиничного сектора, уделяя особое внимание обслуживанию продуктов питания и напитков.

##### 2) Соединенное Королевство:

- **Engineered Arts:** Известен своими роботами, Ameca и RoboThespian, которые используются в развлекательных и образовательных целях.
- **Shadow Robot Company:** Специализируется на роботизированных руках и системах с высокой артикуляцией.

##### 3) Италия:

- **Istituto Italiano di Tecnologia (IIT):** Занимается передовыми исследованиями и разработками в области робототехники.

### G. Ближний Восток и Африка

#### 1) Объединенные Арабские Эмираты:

- **Различные инициативы:** Регион инвестирует в робототехнику и автоматизацию в рамках своих стратегий диверсификации экономики.

### H. Южная Америка

#### 1) Бразилия и Аргентина:

- **Развивающиеся рынки:** Эти страны являются частью растущего южноамериканского рынка человекоподобных роботов, чему способствуют растущие инвестиции в автоматизацию и технологические достижения.

## VIII. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ТАЙМЛАЙН

На экономическую целесообразность и сроки внедрения человекоподобных роботов существенное влияние оказали достижения в области технологий, снижение затрат и растущий спрос на автоматизацию.

- **Базовый сценарий:** Базовый сценарий прогнозирует совокупный годовой темп роста (CAGR) на 53% в период с 2025 по 2035 год, при этом поставки достигнут 1,4 млн единиц к 2035 году. Этот сценарий предполагает продолжение развития искусственного интеллекта и снижение затрат.
- **Вероятный сценарий:** ожидается, что к 2031 году поставки достигнут 1 миллиона единиц, что на четыре года опережает предыдущие ожидания благодаря ускоренному развитию комплексного искусственного интеллекта.
- **Сценарий "голубого неба":** при самом оптимистичном сценарии рынок может достичь 154 миллиарда долларов к 2035 году, что сопоставимо с мировым рынком электромобилей и одной третью мирового рынка смартфонов по состоянию на 2021 год. Этот сценарий предполагает, что все технологические и рыночные препятствия будут преодолены
- **Спрос на опасные работы:** Потребность в роботах для выполнения опасных работ возрастает в соответствии с национальной политикой. Анализ чувствительности показывает, что мировой спрос может составить от 1,1 до 3,5 млн единиц, при условии 5–15% замещения в сфере специальных операций и автомобилестроения.
- **Специальные операции:** Человекоподобные роботы особенно привлекательны для специальных операций, таких как спасение при стихийных бедствиях, техническое обслуживание ядерных реакторов и выполнение опасных задач химической промышленности, где готовность человека выполнять эти работы невелика
- **Увеличение инвестиций:** усиливается приверженность со стороны цепочки поставок, стартапов в США и Азии, а также множества

зарегистрированных компаний, создающих новые подразделения роботов. Государственная поддержка, особенно со стороны Китая, также является важным фактором, стимулирующим рост рынка.

- **Кривая затрат:** кривая затрат на человекоподобных роботов снижается быстрее, чем ожидалось, что означает лучшую экономичность применения и более быстрые сроки коммерциализации.
- **Общий адресуемый рынок (ТАМ):** по прогнозам, к 2035 году объём рынка человекоподобных роботов достигнет 38 миллиардов долларов, по сравнению с первоначальным прогнозом в 6 миллиардов долларов. Это увеличение обусловлено четырёхкратным увеличением прогнозов поставок до 1,4 миллиона единиц.
- **Снижение затрат:** Стоимость спецификации для высокопроизводительных человекоподобных роботов снизилась на 40% до 150 000 долларов за единицу в 2023 году по сравнению с 250 000 долларами годом ранее. Это сокращение обусловлено доступностью более дешёвых компонентов и более широкой внутренней цепочкой поставок.
- **Заводские приложения:** Сроки подачи заводских заявок были ускорены на один год, и теперь ожидается, что они будут экономически жизнеспособными в период с 2024 по 2027 год по сравнению с предыдущей оценкой в 2025–2028 годах.
- **Потребительские приложения:** Сроки подачи заявок потребителями также были ускорены на 2–4 года, и теперь ожидается, что они будут экономически жизнеспособными в период с 2028 по 2031 год по сравнению с предыдущей оценкой на период с 2030 по 2035 год.

## IX. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

Прогресс как в аппаратном, так и в программном обеспечении, включая разработку LLM и комплексного искусственного интеллекта, значительно расширил возможности человекоподобных роботов. Эти достижения прокладывают путь к тому, чтобы человекоподобные роботы стали более интегрированными в различные аспекты повседневной жизни и промышленности, открывая многообещающие перспективы для будущего робототехники.

### A. Аппаратный прогресс человекоподобных роботов

При разработке человекоподобных роботов были достигнуты значительные успехи в аппаратном обеспечении, что сделало этих роботов более универсальными, эффективными и способными выполнять сложные задачи.

- **Мобильность и ловкость на двух ногах:** Гуманоидные роботы добились значительных



улучшений в мобильности на двух ногах, что позволяет им быстро и точно ориентироваться в сложных условиях. Например, Digit от Agility Robotics демонстрирует этот прогресс своей способностью передвигаться на двух ногах, демонстрируя потенциал роботов для оказания помощи в областях, которые ранее считались слишком сложными для автоматизации. Аналогичным образом, были отмечены достижения в ловкости, особенно в манипулировании предметами, хотя в этой области по-прежнему есть возможности для совершенствования.

- **Системы сенсорного восприятия и обратной связи:** Интеграция передовых датчиков и систем обратной связи позволила человекоподобным роботам лучше воспринимать окружающую среду и взаимодействовать с ней. Эти разработки проложили путь к повышению автономности и возможностей взаимодействия, позволяя роботам более эффективно наблюдать за окружающей средой и реагировать на неё.
- **Снижение стоимости компонентов:** произошло значительное снижение стоимости компонентов, необходимых для создания человекоподобных роботов, таких как высокоточные шестерни, приводы и аккумуляторы. Такое снижение затрат в первую очередь обусловлено наличием более дешёвых компонентов, большим количеством вариантов цепочки поставок, а также усовершенствованием конструкции и технологий производства. Например, стоимость производства человекоподобных роботов снизилась с 50 000–250 000 долларов за единицу до 30 000–150 000 долларов, что способствовало более быстрой коммерциализации.

#### *В. Прогресс программного обеспечения человекоподобных роботов*

Достижения в области программного обеспечения сыграли не менее важную роль в эволюции человекоподобных роботов, достигнув значительного прогресса в таких областях, как:

- **Большие языковые модели (LLM):** Разработка роботизированных LLM, таких как Google PaLM-E и RT-2, стала ключевым фактором в продвижении человекоподобных роботов. Эти модели повышают способность роботов обрабатывать команды на естественном языке и анализировать сценарии выполнения задач с помощью зрения, позволяя им выполнять задачи с уровнем понимания и отзывчивости, близким к человеческому восприятию.
- **Комплексный ИИ:** Переход к комплексному ИИ, при котором модели могут обучаться самостоятельно без необходимости ручного программирования инженерами, ускорил разработку роботов. Такой подход позволяет роботам быстрее адаптироваться к новым

ситуациям и выполнять более широкий спектр задач. Optimus Gen 2 от Tesla - пример гуманоидного робота, пользующегося преимуществами комплексного искусственного интеллекта, демонстрирующего быструю итерацию продукта и способность выполнять задачи автономно.

#### *С. Разработка роботизированных LLMs*

- **Внедрение PaLM-E и RT-2:** в 2023 году были достигнуты значительные успехи в области роботизированных систем управления с внедрением PaLM-E и RT-2. Эти модели представляют собой скачок вперёд в интеграции искусственного интеллекта с робототехникой, позволяя роботам понимать окружающую среду и взаимодействовать с ней более сложными способами.
- **Мультимодальные возможности PaLM-E:** PaLM-E, разработанный Google, представляет собой воплощённую мультимодальную языковую модель, предназначенную для робототехники. Он сочетает в себе мощь больших языковых моделей с возможностью обработки визуальных и сенсорных данных, позволяя роботам выполнять задачи в различных режимах. Архитектура PaLM-E позволяет ему понимать и выполнять задачи на различных типах роботов и для различных модальностей, включая изображения, состояния роботов и представления нейронных сцен.
- **Модель Vision-Language-Action от RT-2:** RT-2, или Robotics Transformer 2, разработанная Google DeepMind, представляет собой модель vision-language-action (VLA), которая обучается как из Интернета, так и из данных робототехники. Это переводит высокоуровневые рассуждения в низкоуровневые машинно-исполняемые инструкции, значительно повышая способность роботов справляться с непредвиденными ситуациями и делая их более универсальными в качестве универсальных машин.
- **Влияние на робототехнику:** Разработка PaLM-E и RT-2 имеет глубокие последствия для области робототехники. Эти модели позволяют роботам выполнять задачи с более высокой степенью автономии и адаптируемости, сокращая разрыв между теоретическими возможностями искусственного интеллекта и практическими приложениями в робототехнике.

#### *Д. Комплексный искусственный интеллект в робототехнике*

Интеграция LLMs и комплексного искусственного интеллекта в робототехнику привела к:

- **Улучшенное взаимодействие человека и робота:** LLMs и комплексный искусственный интеллект значительно улучшили взаимодействие человека и робота, сделав роботов более способными понимать команды человека и реагировать на них естественным и интуитивно понятным образом. Это

открыло новые возможности для человекоподобных роботов в различных отраслях промышленности и условиях.

- **Ускоренное обучение и адаптация:** Эти технологии позволили человекоподобным роботам извлекать уроки из опыта и более эффективно адаптироваться к новым задачам. Проект RT-X, например, направлен на объединение данных и ресурсов из нескольких лабораторий робототехники для создания универсальных роботов общего назначения, которые могут эффективно работать за пределами ограниченных лабораторных условий.
- **Повышенная автономность:** Достижения в области LLM и комплексного искусственного интеллекта способствовали повышению автономности человекоподобных роботов, позволяя им выполнять сложные задачи с минимальным вмешательством человека. Эта автономность имеет решающее значение для использования человекоподобных роботов в реальных приложениях, где необходимы человекоподобное взаимодействие и адаптивность

## X. НОВОСТИ ОТРАСЛИ

Человекоподобные роботы предлагают значительные потенциальные преимущества для военного применения, включая расширенные возможности, операционную эффективность и экономию средств. Однако их внедрение также сопряжено с этическими, юридическими и техническими проблемами, которые необходимо тщательно решать. Экономические выгоды от инвестиций в человекоподобных роботов существенны, с потенциальным повышением производительности, масштабируемости и долгосрочным технологическим прогрессом. Поскольку технологии продолжают развиваться, крайне важно учитывать связанные с этим риски и обеспечивать ответственное и этичное использование человекоподобных роботов в вооружённых силах.

### A. Современное использование роботов

- **Производство:** Человекоподобные роботы используются на производстве для выполнения таких задач, как сборка, контроль качества и погрузочно-разгрузочные работы. Они могут выполнять повторяющиеся задачи с высокой точностью и могут работать в условиях, которые могут быть опасны для человека.
- **Здравоохранение:** В здравоохранении человекоподобные роботы помогают в уходе за пациентами, реабилитации и хирургии. Они могут контролировать жизненно важные показатели, помогать в физиотерапии и даже выполнять сложные хирургические процедуры.
- **Электронная коммерция и складирование:** Человекоподобные роботы используются в электронной коммерции и на складах для управления логистикой, такой как сортировка и

транспортировка товаров. Они помогают повысить эффективность и снизить трудозатраты.

- **Обслуживание клиентов и гостиничный бизнес:** человекоподобные роботы используются в ролях обслуживания клиентов, таких как консьержи, администраторы и гиды. Они могут взаимодействовать с клиентами, предоставлять информацию и улучшать качество обслуживания клиентов.
- **Безопасность:** Человекоподобные роботы используются в сфере безопасности для патрулирования территорий, обнаружения вторжений и мониторинга на предмет угроз безопасности. Они могут работать непрерывно, не испытывая усталости, и предоставлять данные операторам-людям в режиме реального времени.
- **Образование и исследования:** В образовательных учреждениях человекоподобные роботы используются в качестве учебных пособий и исследовательских инструментов. Они помогают студентам узнать о робототехнике, программировании и искусственном интеллекте.
- **Развлечения:** человекоподобные роботы также используются в сфере развлечений, например, для выступлений на мероприятиях, в качестве экскурсоводов в музеях и даже для дирижирования оркестрами
- *Потенциальное применение (в будущем)*
- **Военные:** Человекоподобные роботы могут использоваться в военных целях для таких задач, как разведка, обезвреживание бомб и материально-техническое обеспечение. Они могут действовать в опасных условиях, снижая риск для солдат-людей.
- **Кибербезопасность:** Человекоподобные роботы могли бы сыграть определённую роль в кибербезопасности путём мониторинга и защиты биологических данных и систем от киберугроз. Их продвинутые датчики и возможности искусственного интеллекта делают их подходящими для этой роли.
- **Нефтегазовая промышленность:** В нефтегазовой промышленности человекоподобные роботы могут использоваться для инспекции, технического обслуживания и ремонта морских платформ и трубопроводов. Они могут работать во взрывоопасных средах, что снижает необходимость вмешательства человека.
- **Добыча полезных ископаемых:** Человекоподобные роботы могут использоваться в горнодобывающей промышленности для выполнения таких задач, как бурение, добыча руды и проверки безопасности. Они могут работать в опасных и замкнутых пространствах, повышая безопасность и эффективность.

- **Финансовые услуги и фондовые рынки:** Человекоподобные роботы могли бы оказывать помощь в сфере финансовых услуг, обеспечивая поддержку клиентов, проводя транзакции и анализируя рыночные данные. Их способность быстро обрабатывать большие объёмы информации делает их ценными в этом секторе.
- **девелопмент:** В сфере недвижимости человекоподобные роботы могут использоваться для осмотра имущества, технического обслуживания и взаимодействия с клиентами. Они могут проводить виртуальные туры и помогать с задачами по управлению недвижимостью.
- **Пищевая промышленность:** Человекоподобные роботы могут использоваться в пищевой промышленности для выполнения таких задач, как заполнение полок, приготовление пищи и доставка продуктов. Они могут помочь повысить эффективность и снизить трудозатраты.
- **Самолёты:** В авиационной промышленности человекоподобные роботы могли бы помогать в техническом обслуживании, инспекциях и сборке компонентов самолётов. Их точность и способность работать в ограниченном пространстве делают их подходящими для этой роли.
- **Морское дело и судоходство:** роботы могут использоваться в морском судоходстве для таких задач, как обработка грузов, техническое обслуживание судов и проверки безопасности. Они могут работать в суровых морских условиях, повышая эффективность и безопасность.
- **Умные города:** В умных городах роботы могут использоваться для различных задач, таких как управление дорожным движением, общественная безопасность и обслуживание инфраструктуры. Они могут взаимодействовать с гражданами, предоставлять информацию и помогать управлять городской средой.

#### *В. Подробное описание последствий для отрасли*

##### *1) Военные*

- **Преимущества:** Повышение безопасности военнослужащих за счёт выполнения опасных задач, таких как обезвреживание бомб и разведывательные миссии, без риска для человеческих жизней.
- **Риски:** Возможность повышения летальности и этические проблемы, связанные с автономным принятием решений в боевых ситуациях.
- **Области применения:** Боевая поддержка, поисково-спасательные операции и логистика.
- **Экономические преимущества:** Сокращение расходов на обучение и здравоохранение, связанных с солдатами-людьми.

##### *2) Кибербезопасность*

- **Преимущества:** Улучшенные протоколы безопасности при обращении с конфиденциальными биологическими данными и материалами, снижающие риск биологической опасности.
- **Риски:** Уязвимость к взлому и неправильному использованию, потенциально ведущая к угрозам биозащиты.
- **Области применения:** Безопасное обращение с биологически опасными материалами и их анализ, надзор за зонами биологической безопасности.
- **Экономические преимущества:** Повышение эффективности управления биозащитой, потенциальное снижение затрат, связанных с нарушениями биозащиты.

##### *3) Нефтегазовая промышленность*

- **Преимущества:** Повышение безопасности за счёт выполнения опасных работ, таких как бурение и осмотр трубопроводов, снижение несчастных случаев на производстве.
- **Риски:** Высокие первоначальные инвестиционные затраты и потенциальная смена работы.
- **Области применения:** Автоматизированное бурение, техническое обслуживание и инспекция морских платформ и трубопроводов.
- **Экономические преимущества:** Эффективность эксплуатации и сокращение времени простоя, что приводит к экономии средств.

##### *4) Добыча полезных ископаемых (металлов, золота)*

- **Преимущества:** Повышенная безопасность в опасных условиях добычи полезных ископаемых и повышенная эффективность эксплуатации.
- **Риски:** смена работы и зависимость от технологий, которые могут давать сбои в удалённых или суровых условиях.
- **Области применения:** Разведка, бурение и переработка руды в опасных или труднодоступных районах.
- **Экономические преимущества:** Повышение производительности и снижение эксплуатационных расходов за счёт автоматизации.

##### *5) Финансовые услуги и фондовые рынки*

- **Преимущества:** повышенная точность и скорость анализа данных и процессов принятия решений.
- **Риски:** Вероятность ошибок алгоритмов и манипулирования финансовым рынком.
- **Приложения:** Автоматическая торговля, оценка рисков и обслуживание клиентов.

- **Экономические преимущества:** Повышение эффективности рынка и снижение эксплуатационных расходов.

6) *Девелопмент недвижимости*

- **Преимущества:** Улучшенное планирование и выполнение проекта за счёт точных измерений и трудоёмкости.
- **Риски:** Высокие первоначальные затраты и вероятность ошибок в сложных проектах разработки.
- **Приложения:** инспекции объектов, строительные задачи и взаимодействие с клиентами в центрах продаж.
- **Экономические преимущества:** упрощение процессов разработки и снижение затрат на рабочую силу.

7) *Электронная коммерция в пищевой промышленности*

- **Преимущества:** повышенная эффективность выполнения заказов и управления запасами.
- **Риски:** потенциальная потеря работы и проблемы при обращении с деликатными продуктами.
- **Области применения:** автоматизированная комплектация и упаковка, обслуживание клиентов и аудит запасов.
- **Экономические выгоды:** Повышение операционной эффективности и удовлетворённости клиентов за счёт более быстрого обслуживания.

8) *Воздушное судно*

- **Преимущества:** Точность производственных процессов и задач технического обслуживания.
- **Риски:** Высокие затраты на разработку и вероятность ошибок в критически важных системах безопасности.
- **Области применения:** Сборка, проверка и ремонт авиационных компонентов.
- **Экономические преимущества:** Снижение производственных затрат и затрат на техническое обслуживание, улучшение показателей безопасности.

9) *Производство*

- **Преимущества:** Повышенная эффективность производства и гибкость при решении разнообразных задач.

- **Риски:** смена работы и первоначальные инвестиционные затраты.

- **Области применения:** Сборочные линии, контроль качества и логистика.

- **Экономические преимущества:** повышение производительности и снижение затрат на рабочую силу.

10) *Здравоохранение*

- **Преимущества:** Помощь в проведении операций, уходе за пациентами и реабилитации с точностью и последовательностью.

- **Риски:** этические соображения, касающиеся взаимодействия с пациентом, и возможные сбои в работе.

- **Области применения:** Хирургическая помощь, наблюдение за пациентом и физиотерапия.

- **Экономические преимущества:** улучшение результатов лечения пациентов и потенциальное снижение затрат на здравоохранение.

11) *Морское дело и судоходство*

- **Преимущества:** Повышенная безопасность в опасных условиях и повышенная эффективность обработки грузов.

- **Риски:** Навигационные ошибки и потенциальная возможность пиратства или угона самолёта.

- **Области применения:** погрузка и разгрузка грузов, техническое обслуживание судов и инспекции в море.

- **Экономические преимущества:** снижение эксплуатационных расходов и увеличение времени выполнения работ.

12) *Умный город*

- **Преимущества:** Улучшение общественных услуг и безопасности благодаря задачам наблюдения и технического обслуживания.

- **Риски:** проблемы конфиденциальности и высокие затраты на внедрение.

- **Области применения:** Обслуживание общественных пространств, утилизация отходов и патрулирование безопасности.

- **Экономические выгоды:** повышение качества жизни жителей и потенциальная привлекательность для бизнеса.