



## Топ-10 трендов промышленной робототехники

Институт статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ с помощью системы анализа больших данных iFORA определил ключевые направления развития промышленной робототехники, которые будут актуальны в ближайшее десятилетие.

**Справочно:** Система интеллектуального анализа больших данных iFORA разработана ИСИЭЗ НИУ ВШЭ с применением передовых технологий искусственного интеллекта и включает более 800 млн документов (научные публикации, патенты, нормативная правовая база, рыночная аналитика, отраслевые медиа, материалы международных организаций, вакансии и другие виды источников). В 2020 г. iFORA отмечена в журнале *Nature* в качестве эффективного инструмента поддержки принятия решений в интересах бизнеса и органов власти. ОЭСР относит систему к успешным инициативам в области цифровизации науки. Данный выпуск продолжает серию аналитических обзоров ИСИЭЗ НИУ ВШЭ о текущем статусе и перспективах развития робототехники в России и мире.

Парк промышленных роботов в мире превышает **4 млн** единиц, их число только за последние 10 лет утроилось, а с 2018 г. ежегодно увеличивалось в среднем на 12%. На радикальное расширение линейки подобных устройств и областей их применения (в том числе в таких недооцененных секторах, как текстильная промышленность или фармацевтика) влияет активное развитие цифровых технологий, определяющих тренды роботизации промышленности (см. табл. 1).

Таблица 1. Топ-10 трендов промышленной робототехники

Ранг	Тренды	Вектор развития	Индекс значимости	Срок максимального проявления
1	Коботы для взаимодействия с человеком		1.00	до 5 лет
2	Интеграция искусственного интеллекта (ИИ)		0.74	до 5 лет
3	Цифровые двойники		0.30	до 5 лет
4	Автономные мобильные роботы		0.23	5-10 лет
5	Виртуальная и дополненная реальность (VR/AR)		0.17	5-10 лет
6	Мобильные манипуляторы (MoMas)		0.13	5-10 лет
7	Высокоточные роботы		0.11	до 5 лет
8	Роевой интеллект		0.03	5-10 лет
9	Роботы с повышенной грузоподъемностью		0.02	до 5 лет
10	Роботы для освоения космоса		0.02	10+ лет

### Легенда



Улучшение функциональных характеристик



Оптимизация систем управления

Рассчитано на основе более 21 тыс. англоязычных источников за 2020–2024 гг., отражающих актуальную повестку науки и бизнеса. **Индекс значимости** тренда показывает его относительную встречаемость в проанализированном массиве источников, где 1 соответствует максимальному числу упоминаний. При расчете учитываются частота встречаемости термина, его специфичность и векторная центральность. Частота встречаемости сама по себе недостаточна для отражения реальной актуальности термина, важно, чтобы он обозначал конкретное научно-технологическое направление и не был слишком общим (эту задачу решает показатель специфичности), а векторная центральность отражает степень его связи с другими направлениями поиска.

Промышленные роботы становятся неотъемлемым элементом современного производства и своеобразным маркером его соответствия передовому уровню технологий. От громоздких устройств, требующих специальных условий для установки и обслуживания, происходит постепенный переход к компактным устройствам, готовым к работе в тесном взаимодействии с человеком. **Коботы (№1 в рейтинге)** могут выполнять те же операции, что и классические промышленные роботы, но являются более безопасными, что позволяет применять их в одном пространстве с людьми и напрямую взаимодействовать с ними. Способность коботов реагировать на команды человека непосредственно в процессе выполнения работы упрощает интеграцию роботизированных систем в производство. С 2018 по 2023 г. доля коботов среди всех промышленных устройств возросла **более чем вдвое**, при этом число таких установок продолжает увеличиваться ежегодно. Следующим шагом в расширении коллаборации между человеком и роботом станут самообучающиеся антропоморфные (гуманоидные) роботы.

Другой ключевой драйвер спроса – возможность интеллектуализации промышленных роботов, в первую очередь благодаря **интеграции ИИ-решений (№2)**. Современные роботы становятся умными, автономными и более маневренными. Интеллектуализация ускоряет и повышает качество вычислений, определяющих кинематику робота, обеспечивает генерацию обучающих наборов данных, снижает процент брака на производстве и предотвращает возможные простои, в т.ч. за счет использования компьютерного зрения и предиктивной аналитики. Машинное обучение делает роботов более адаптивными: они могут самостоятельно без вмешательства человека корректировать свои действия, обнаружив отклонения в процессе. Ожидается, что мировой рынок ИИ в робототехнике, объем которого составляет 17 млрд долл., будет демонстрировать стабильный рост (порядка 25% ежегодно).

Для управления большими парками автономных роботов на производствах или складах, которым необходимо взаимодействовать друг с другом в режиме реального времени, используется особый вид ИИ-алгоритмов – **роевой интеллект (№8)**. Работающие в рое роботы способны коллективно без необходимости в централизованном управлении решать задачи, связанные со сборкой или логистикой, также они имеют большой потенциал применения в сельском хозяйстве и строительстве. Роевой интеллект обеспечивает большую устойчивость к сбоям, так как роботы могут быстро перенастраиваться в случае отказа одного из них. Опыт индийских предприятий по применению роевых роботов Unbox Robotics, оснащенных интеллектуальной системой, показал, что их использование в складском хозяйстве и логистике позволяет повысить эффективность процесса сортировки товаров на 50–70%, в т.ч. за счет оптимизации маршрутов с учетом движения других роботов.

Интеграция роботизированных устройств сопряжена с затратами на внедрение новых технологий, а также другими издержками, в частности из-за потенциальных сбоев оборудования. Применение **цифровых двойников (№3)**, виртуальных моделей физических роботов, позволяет тестировать и оптимизировать системы как в процессе эксплуатации, так и на других стадиях, вплоть до их фактического внедрения. Цифровые копии помогают прогнозировать поведение оборудования и оперативно вносить изменения в производственные линии без остановки реального производства. Цифровые двойники в роботизированном производстве уже активно используются многими ведущими мировыми компаниями. Например, Siemens благодаря внедрению цифрового двойника робота-сборщика на заводе электронного оборудования в Эрлангене (Германия) на 40% сократила расход материалов и на 10% повысила точность сборки, минимизировав время производства продуктов. Используемые главным образом в целях дистанционного управления технологии **VR/AR (№5)**, в т.ч. VR-аватары, также позволяют тестировать и корректировать программы роботов в виртуальной среде до их реального внедрения на производство.

В отличие от коботов, нацеленных на работу вместе с людьми, **автономные мобильные роботы (№4)** обладают высоким уровнем самостоятельности и не требуют постоянного контроля оператора. Благодаря этому значительно упрощаются логистика и другие процессы в промышленности, в т.ч. за счет функции планирования траектории движения на основе обучения с подкреплением. Робот автономно взаимодействует с внешней средой, которая может быть не определена заранее. В результате оценки пространства, например с использованием лидаров, вырабатывается оптимальная траектория.

Немаловажной задачей становится повышение ловкости и маневренности, а также точности и грузоподъемности современных промышленных роботов. **Мобильные манипуляторы (MoMas) (№6)**, которые легко интегрируются в существующие производственные линии, при этом могут перемещаться по цехам и выполнять различные задачи, начиная от транспортировки материалов и заканчивая сборкой или обработкой деталей, значительно усиливают адаптивность производства. Специальные **высокоточные роботы (№7)** востребованы в таких отраслях, как медицина и авиастроение, где критически важно выполнение мелких операций с минимальной погрешностью. Предназначенные для работы с объектами весом до 5 тонн **роботы с повышенной грузоподъемностью (№9)** могут оптимизировать производственные процессы. Например, использование роботов с вакуумными захватами увеличивает грузоподъемность до 10 раз по сравнению с электромеханическими аналогами.

Модели промышленных роботов **для освоения космоса (№10)** выполняют сложные манипуляции в экстремальных условиях (микрогравитации) и могут применяться для строительства инфраструктуры на поверхности малых небесных тел или спутников, обслуживания космических станций, ремонта космических аппаратов. Эксплуатация подобных роботов может уменьшить стоимость космического строительства и ремонта примерно в 100 раз. Это открывает новые перспективы автоматизации космических миссий и, в частности, освоения Луны и Марса.

## Резюме

Главные тренды роботизации промышленности связаны с непрерывным развитием цифровых технологий, обеспечивающих те или иные улучшения робототехнических устройств как на уровне конструктивных и функциональных характеристик, так и подходов к управлению ими. Ключевыми задачами становятся повышение точности и надежности оборудования, а также увеличение мобильности и грузоподъемности роботов. Эффективное управление робототехническими системами достигается главным образом за счет внедрения решений на основе ИИ, а также использования роевого интеллекта и интеграции с цифровыми двойниками и AR/VR.



**Источники:** Расчеты на основе системы интеллектуального анализа больших данных iFORA (правообладатель – ИСИЭЗ НИУ ВШЭ); результаты проекта «Исследование потенциала развития отрасли промышленной робототехники и станкостроения в 2025 г. и разработка рекомендаций по повышению эффективности мер ее поддержки» тематического плана научно-исследовательских работ, предусмотренных Государственным заданием НИУ ВШЭ в 2025 г.

■ Материал подготовили **С. Г. Приворотская, А. Г. Малашина**

*Данный материал НИУ ВШЭ может быть воспроизведен (скопирован) или распространен в полном объеме только при получении предварительного согласия со стороны НИУ ВШЭ (обращаться [issek@hse.ru](mailto:issek@hse.ru)). Допускается использование частей (фрагментов) материала при указании источника и активной ссылки на интернет-сайт ИСИЭЗ НИУ ВШЭ ([issek.hse.ru](http://issek.hse.ru)), а также на авторов материала. Использование материала за пределами допустимых способов и/или указанных условий приведет к нарушению авторских прав.*

© НИУ ВШЭ, 2025