



# ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ: ТРЕНДЫ И ТИПЫ

**МАРК Т. ХОСКЕ (MARK T. HOSKE)**  
mhoske@cfemedia.com

Разнообразие тенденций развития роботов, их типов, а также совершенствование программного обеспечения делают использование «интеллектуальных рабов» привлекательным для все большего числа различных приложений и отраслей промышленности. Результатом этих инноваций будет существенный выигрыш в производстве.

Роботы уже используются во многих отраслях промышленности, в том числе для 3D-печати, в парках развлечений, сельском хозяйстве, для выполнения сборочных работ, в строительстве. Они находят применение в области производства электроники, для представлений и театральных постановок, в логистике и складировании, в производстве, медицине, для добычи полезных ископаемых, для транспортировки, в космосе, в спорте, в качестве игрушек и во многих других сферах. Инновации в конструкциях роботов и рабочих инстру-

ментов (механических схватов, присосок, обрабатывающих и сварочных головок и т. п.), которые внедряются в одной из отраслей, могут быть адаптированы и для применения в других областях промышленности.

Многочисленные конкурсы в области робототехники вдохновляют инженерные умы на продвижение роботов в сферах образования, развлечения, услуг и технологий. Значительные усилия направлены на то, чтобы адаптировать роботов для пожаротушения, поисковых и спасательных операций, устранения последствий

стихийных бедствий, использования в опасных зонах, для предотвращения производственных травм.

Контроллеры роботов уменьшаются в габаритах и становятся более открытыми для инженеров и разработчиков. В настоящее время программируемые логические контроллеры (Programmable Logic Controller, PLC), программируемые контроллеры для автоматизации (Programmable Automation Controller, PAC), промышленные компьютеры, встраиваемые контроллеры, выпущенные сторонними производи-

телями, могут использоваться для управления роботами.

Достижения в области сетевых технологий позволяют осуществлять бесперебойную коммуникацию и скоординированное управление сразу несколькими роботами, что важно для таких концепций, как «умные» фабрики, «промышленный Интернет вещей» (Industrial Internet of Things, IIoT), интегрированное производство (Industry 4.0).

Вот 10 подтверждений тому, что программное обеспечение (ПО) роботов и их программирование становятся проще:

- Искусственный интеллект позволяет использовать историю прошлых действий, чтобы робот быстрее адаптировался к новым ситуациям.
- Чтобы избежать введения вредоносного кода и не допустить несанкционированного дистанционного управления, в робототехнику активно внедряются достижения в области кибербезопасности.
- Все чаще используется принцип блочного программирования, причем функциональные блоки, отвечающие за исполнение тех или иных движений или рабочих сценариев, могут быть как предложены поставщиком программного обеспечения, так и дополнены конечным пользователем, производителем оригинального оборудования, конструктором конечного заводского оборудования или системным интегратором.
- Интерактивная сенсорная информация и инструкции могут быть переданы от конечных исполнительных устройств, датчиков, а также других устройств и систем. Для предотвращения аварийных ситуаций и повышения качества выполнения операций могут использоваться машинное зрение или встроенные непосредственно в технологическую оснастку радиочастотные идентификационные чипы. Такой подход даст возможность вовремя обнаружить и компенсировать износ инструмента.
- Программирование с открытым исходным кодом позволяет совместно использовать системы роботов от различных производителей.
- Функция «Обучение демонстрацией» позволяет некоторым роботам во время движения по определен-

ному пути одновременно пополнять свою базу знаний, спрашивая в определенных ситуациях, является ли путь от А до С более приемлемым, нежели путь от А к В, а потом к С.

- Компьютерные среды моделирования позволяют детально симулировать поведение робота и его окружение. Это дает возможность провести полное тестирование исполнительных устройств (инструментов и манипуляторов), нескольких комбинаций роботов или машин, элементов безопасности и задач, удостоверяющее правильность проектирования и функционирования робота еще до его установки или покупки.
- Универсальное ПО позволяет импортировать и использовать данные по кинематике робота (правилам его движения) в унифицированном виде.
- Беспроводные пульты управления дают больше мобильности, чем проводные человеко-машинные интерфейсы (HMI). Некоторые виды ПО могут использоваться непосредственно в коммерческих планшетных компьютерах.
- «Мастер подсказок» или пошаговый «Мастер команд» позволяют запрограммировать действия робота без непосредственного написания кода, с использованием пошаговой структурной схемы с выпадающими списками команд, списками выбора вариантов и подсказок.

## РАЗНОВИДНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Промышленные роботы весьма разнообразны и могут включать в себя элементы более чем одного типа. Так, например, робот с шарнирными сочленениями, или, как его еще называют, шарнирный робот, может быть интегрирован в порталный (козловой) робот (он устанавливается на массивное жесткое основание, а его направляющие закреплены на фундаменте практически неподвижно) или в мобильного робота. Рассмотрим основные типы промышленных роботов и их функции.

### Шарнирные роботы

Шарнирные (артикулированные) роботы имеют вращающиеся «талию», «плечо», «локоть» и три вращающихся шарнира в «запястье».

## КЛЮЧЕВЫЕ КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

- Последние достижения в форм-факторах роботов, контроллерах, коммуникациях и программном обеспечении делают роботов все более пригодными для использования в различных приложениях и отраслях промышленности.
- Более простое и гибкое программное обеспечение позволяет использовать роботов все большему кругу людей.
- В настоящее время доступны различные типы, форм-факторы роботов и подключаемых к ним рабочих инструментов

Эти роботы могут очень точно размещать мелкие детали, производить упаковку и укладку на поддоны.

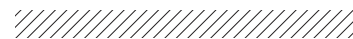
Например, у робота Fanuc M-2000iA/900L (рис. 1) большая рабочая область, и он обладает возможностью перенести полезную нагрузку большой массы, например осуществлять подъем кузова и установку его на двигатель. Роботы для управления двумя гайковертами с питанием от напряжения постоянного тока связаны с помощью промышленного Ethernet.

### Декартовы роботы

Декартовы роботы имеют, по крайней мере, три линейные оси управления и могут быть конфигурированы для выполнения тяжелых операций (например, для перемещения кузовов автомобиля) или точных операций (например, детализация на сложных поверхностях).

РИС. 1. ▼ Шарнирный робот Fanuc M-2000iA/900L





**РИС. 2. ▲**  
Робот-помощник Sawyer

### Роботы-помощники

Роботы-помощники оснащены датчиками, ограничивающими усилие и/или скорость звеньев, и, в зависимости от применения, могут работать в непосредственной близости от человека без установки защитного ограждения. Пока такие роботы были в основном шарнир-

ного типа, но подобные датчики могут быть применены и к обычным роботам. Эта технология развивается быстрее, чем робот проходит сертификацию на соответствие стандартам безопасности. Некоторые из таких роботов могут быть «двурукими», чтобы лучше копировать манипуляционные способности человека и лег-

че интегрироваться в существующий производственный процесс без необходимости его перестраивать.

Робот Sawyer (рис. 2) от компании Rethink Robotics весит 19 кг, может перемещать 4 кг полезного груза, имеет семь степеней свободы и высоту 1 м, что позволяет ему маневрировать в ограниченном пространстве. Датчики силы с высокой разрешающей способностью, установленные в каждом сочленении, позволили компании-изготовителю реализовать эффективный контроль его движений. Робот может «чувствовать» свой путь среди станков и оборудования. Адаптивная точность позволяет роботу эффективно работать в полуструктурированных средах, используя встроенную систему машинного зрения.

### Дельта-роботы

Дельта-робот является разновидностью параллельного робота. Он состоит из трех рычагов, прикрепленных посредством карданных шарниров к основанию. Ключевой особенностью является использование параллелограммов в конструкции манипулятора, что позволяет сохранять пространственную ориентацию исполнительного устройства робота. Высокоскоростные роботы этого типа используются для загрузки, подачи и упаковки в фармацевтической промышленности, для сборки и в стерильных помещениях.

К примеру, робот Yaskawa Motoman MPP3H (рис. 3) предназначен для комплектации вложений и их упаковки в картонную тару. Чтобы упростить конструкцию, повысить надежность и точность выполнения операций, которая составляет  $\pm 0,1$  мм, робот MPP3H имеет конфигурацию с параллельно-связанным манипулятором с прямым приводом на оси вращения. Благодаря минимальной площади установки и тому, что он не занимает место непосредственно в самой рабочей зоне, эта модель может быть использована для установки в условиях высокой плотности, обеспечивая большую (до 600 мм) зону обслуживания и способность перемещать груз массой в 3 кг.

### Дроны

Дроны — это, в основном, летающие аппараты с дистанционным управлением (то есть на самом деле они не совсем роботы). В более широком смысле — это мобильные, авто-



**РИС. 3. ►**  
Дельта-робот  
Yaskawa Motoman MPP3H

номные аппараты, запрограммированные на выполнение каких-либо задач. Они применяются для промышленных приложений, таких как проверка безопасности, в целях мониторинга и для научных исследований, в опасных местах, на пересеченной местности. В настоящее время такие аппараты могут использоваться под водой и в космосе. Внедрение в них возможности работать автономно позволит этим мобильным роботам самостоятельно формировать и посылать отчеты или самим выбирать команды управления по мере необходимости.

**Портальные роботы**

Портальные роботы называются так потому, что они, подобно портовым и козловым кранам, передвигаются по линейной рейке, обеспечивая (обычно) горизонтальный мобильный доступ сверху к большой рабочей области. Они могут иметь еще одну или две оси перемещения, что придает им мобильность роботов другого типа, например шарнирных, установленных на раме портального. Области применения включают подъемно-транспортные и сборочные операции, загрузку и выемку заготовок из станков и т. п. Эта же идея может быть применена в вертикальной, цилиндрической или сферической конфигурациях.

**Мобильные роботы**

Мобильные роботы (роботы для транспортировки материалов, складирования, обслуживания станков) в настоящее время активно развиваются. Внедрение в них сенсоров и навигационных технологий в сочетании с развитым алгоритмическим обеспечением увеличили их скорость и гибкость применения. Они могут быть интегрированы в другие системы, обладающие возможностью движения, и иметь свою автономную систему навигации.

Например, автономный робот Vecna QC Tugger (рис. 4) способен тянуть за собой группу тележек и удерживать грузы. Он работает с большинством пневматических тягово-сцепных соединителей и установлен на такой же автономной платформе, как и вся продуктовая линейка QC Bot, с теми же функциями безопасности, которые позволяют такому роботу автономно двигаться по территории медицинских учреждений и с помощью операторов в других сферах.

**Параллельные роботы**

Параллельные роботы используют три параллелограмма и вращающиеся рычаги, управляемые серводвигателями или линейными актуаторами (линейными приводами). Обычно они используются, как и дельта-роботы, для захвата, подъема и перемещения деталей.

**Манипуляторы**

Роботы типа SCARA (Selective Compliance Articulated Robot Arm) — это манипуляторы с селективной гибкостью (рис. 5). Конструктивно они жесткие в вертикальной плоскости, т. е. вдоль оси Z, при этом в горизонтальной плоскости (по осям X и Y) обладают податливостью. Такие роботы часто выполняют сборочные операции. Роботы типа SCARA могут работать быстрее, чем декартовы роботы, и имеют небольшие габариты, но они могут быть более дорогостоящими.

В частности, четырехосевой робот Adept eCobra 600 SCARA 4-Axis имеет большую зону обслуживания манипулятора (600 мм) и может выполнять работы на трех уровнях. Предназначен для использования в приложениях особой сложности и удовлетворяет высоким требованиям по производительности в одной аппаратной платформе. Встроенные в робот устройства управления обеспечивают компактность всей системы, экономят занимаемую площадь,



упрощают и минимизируют затраты на установку. Использование привычной «лестничной» логической схемы и других языков программирования, предусмотренных стандартом IEC 61131-3, сокращает сроки обучения и подготовки к эксплуатации. ●

**РИС. 4. ▲** Мобильный робот Vecna QC Tugger



**РИС. 5. ▲** Робот Adept eCobra 600 SCARA 4-Axis