

Описано современное состояние и направления развития мирового рынка роботостроения. Представлены наиболее интересные современные разработки иностранных компаний в области создания обычных и "разумных" роботов, а также групповых робототехнических схем. Показаны основные области применения роботов.

Развитие современных технологий во всех отраслях промышленности невозможно без автоматизации. Технологии автоматизации уже используются и продолжают совершенствоваться в планировании, проектировании, конструировании, в производстве изделий, складских операциях, упаковке, погрузке и разгрузке готовых изделий.

Ведущая роль в процессе автоматизации принадлежит промышленным роботам. В первые годы развития промышленные роботы использовались для выполнения относительно простых операций: при перемещении и закреплении заготовок на станках, смене инструментов и оснастки, перемещении массивных или крупногабаритных грузов. Роботы выполняли эти работы быстрее, точнее, надежнее, чем это делал человек. Использование даже этих простых роботов позволяло повысить производительность предприятий, улучшать качество изделий.

Со временем наряду с "простыми" роботами стали разрабатываться в большей или меньшей степени "разумные". Характеристики "простых" роботов в последние годы в значительной степени усовершенствованы. Повышено быстродействие, надежность, снижено энергопотребление. Разрабатываются более совершенные захваты, увеличивается грузоподъемность, долговечность. В "разумных" роботах стали широко использоваться малогабаритные вычислительные устройства, сложные программы, записанные в запоминающих устройствах, различные датчики, сигналы которых могут управлять роботами, выбирая по какой программе он должен работать при выполнении отдельных операций, усложнять задачи, решаемые вычислительными устройствами.

Роботы совместно с различными средствами автоматизации управляют механизмами, станками, обрабатывающими центрами, могут перемещать грузы с разными за-

данными точностями, управлять монтажными и сварочными операциями нередко одновременно на разных узлах одного и того же объекта, например, автомобиля.

Отделение Германского Союза Машиностроителей VDMA Robotik + Automation, занимающееся роботами и автоматикой, совместно с экономической комиссией Объединенных наций для Европы (UNECE) провело исследование и опубликовало отчет о развитии робототехники в мире к 2005 г. (Maschi-nenMarkt, 2005, №47). В отчете отмечается, что за 2004 г. в мире было установлено 95400 новых роботов, что составило прирост в 17% по отношению к 2003 г. Суммарное число роботов, установленных в мире, составляло к 2005 г. 848000 ед., из них в Европе — 279000 ед., в Америке — 125000 ед. и в Азии — 443000 ед. Приведен прогноз, что к 2008 г. число роботов, установленных в мире, превысит 1 млн. ед.

В некоторых странах, например в Японии, наряду с промышленными интенсивно развиваются и роботы гуманитарного назначения, обслуживающие столовые быстрого питания, больницы, домашнее хозяйство, быт. В Японии в 2006 г. даже открыт музей роботов, в котором показаны самые разнообразные, в том числе и новейшие промышленные и бытовые "разумные" роботы.

В Европе наблюдается развитие промышленных роботов. Они используются в машиностроении, деревообработке, в транспорте, при прокладке железной дороги на "магнитной подушке" (для создания тонкой, стомикронной магнитопроводящей бетонной дорожки для экстренного торможения, на магнитных рельсах), в складском деле, в легкой промышленности. Разработка и создание роботов (особенно "разумных") вызывает интенсивное развитие смежных высокотехнических производств, в частности, вычислительных систем, запоминающих устройств, лазеров, различных датчиков.



Робот компании Mitsubishi представлен на стенде ОАО "Электростиль"<sup>1</sup>



Робот немецкой компании KUKA Robotic GmbH

<sup>1</sup>Фотографии, представленные в статье, предоставлены организаторами IV Международной выставки "Робототехника 2006" (Москва, ВВЦ).

Технические журналы полны сведениями о том, как введение робототехники позволило повысить эффективность предприятий, производительность, обеспечить практическую безотказность комплектующих изделий, безопасность работы в отдельных цехах на некоторых установках, позволяло в ряде случаев оживить предприятия – потенциальные банкроты. Много статей о принципиально новых робототехнических системах, новых схватывающих устройствах пневматических, вакуумных, электрических, схватывающих устройствах с мягким захватом, но очень прочно держащих захваченное изделие или заготовку, микрозахватах, новом применении для управления роботами видеоанализаторов разного типа, систем обработки изображений, новых датчиках, управляющих роботами.

Издается ряд специализированных "робототехнических" журналов, среди них несколько крупных теоретических, в которых публикуются статьи, рассматривающие, в частности, перспективы развития "разумных" роботов. Регулярно проводятся симпозиумы, конференции, где обсуждаются проблемы развития роботов.

Созданы большие фирмы, совершенствующие "простые" роботы и выпускающие их крупными сериями, а также разрабатывающие новые типы "разумных" роботов, например, в Германии Kuka Roboter, Boch Rechtsroth, Reis Robotics и др. Известны также малые фирмы, разрабатывающие и строящие роботов. В Европе и США развиваются отделения крупных японских роботостроительных фирм.

На ежегодных технических выставках фирмы показывают новые роботы, производственные комплексы, управляемые ими и автоматами. На Ганноверской технической выставке-ярмарке 2006 г. специально для этого был выделен зал, где располагались стенды разных фирм разработчиков и производителей. Были продемонстрированы роботы, предназначенные для крупных, малых и средних предприятий.

Весьма интенсивно развиваются связи роботостроительных фирм и государственных организаций с исследовательскими подразделениями университетов. Фирмы дают заказы, определяют технические требования, оплачивают выполнение разработок университетам, премируют их за удачные разработки. В г. Бремене (Германия) создана лаборатория Германского исследовательского центра искусственного интеллекта (DFKI) для разработки разумных роботов. Бремен является третьим городом Германии после Саарбрюккена и Кайзерслаутерна, в котором созданы лаборатории этого центра. Два года эта лаборатория будет работать в составе Бременского университета, а после станет самостоя-

тельным предприятием DFKI. Развитие таких работ в Германии финансируется государством. До 2008 г. Германское министерство образования и исследований будет выплачивать университету по 1,3 млн. ЕВРО в год (Galvanotechnik, 2006, v97, №6).

В России создано несколько небольших фирм, разрабатывающих новые роботы. Наряду с этим существует практика совместной работы российских и иностранных фирм, при которой роботы, заказанные у иностранных производителей для наших промышленных предприятий, устанавливаются и обслуживаются работниками российских фирм. Многие высшие технические учебные заведения в Москве и регионах имеют сильные кафедры робототехники.

Промышленные роботы широко используются в России на предприятиях массового производства – в фармацевтической и кондитерской промышленности. Мобильные роботы используются для выполнения ряда специальных задач.



"Футболисты" – роботы компании "Андроидные роботы". В рамках IV Международной выставки "Робототехника 2006" (Москва, ВВЦ) состоялись первые в России бои андроидных роботов. Участники команд со всей России собрали и запрограммировали андроидных роботов ведущих мировых производителей и в игровой увлекательной манере с сильным соревновательным духом испытывали на пределе их возможностей

В октябре 2006 г. в Москве на ВВЦ прошла IV Международная выставка "Робототехника 2006" (фото).

Мировые производители в последние годы разработали множество интересных робототехнических схем и конструкций. Некоторые из них описаны в немецких журналах 2005-2006 гг.

Фирма Kuka Roboter выпустила серию сварочных лазерных роботов, рассчитанных на применение в разных видах сварочных работ с программированной фокусирующей оптикой, обеспечивающей отличное качество сварки. Роботы работают со специализированной, рассчитанной на обработку поверхностей программой, существенно упрощающей пользователям составление

программ работы робота при обработке каждого вида изделия. На лазерной головке, связанной с источником энергии оптоволоконным кабелем, установлены одно неподвижное и два подвижных зеркала, поворот которых управляется программой. Эти зеркала ведут во время сварки луч лазера. Автоматическим поворотом подвижных зеркал можно обеспечивать сварку по любой, заданной программой кривой линии, при необходимости с перерывом линий, с обеспечением коротких тактовых времен. Робот с управляемой им автоматикой сам снимает с первого конвейера подготовленные к сварке изделия, а после сварки устанавливает изделия на другой конвейер (MaschinenMarkt, 2005, № 51-52).

Эта же фирма разработала серию малогабаритных сверхпрецизионных роботов разных конструкций (скара-роботы, порталные, с "ломающейся рукой" и другие виды), которые могут устанавливаться на стол или на колонки и использоваться в полупроводниковой и эле-

*А не сделают ли роботы мир скорее для себя, чем для людей?*

А. Азимов

ктронной промышленности для выполнения крупносерийных работ. Точность позиционирования в этих роботах задается программно с ошибкой, не превышающей 0,01 мм (MaschinenMarkt, 2006, №26).

Европейская "дочка" японской фирмы Fanuc Robotics активно работает на европейских и на мировых рынках. Она выпускает и продает в Европе до 40 видов роботов. В основном это разные типы сварочных роботов и роботов, предназначенных для управления загрузкой/разгрузкой станков и обрабатывающих центров. Интенсивно разрабатываются фирмой также "разумные" роботы, специализированные на работах с листовым материалом, они, в частности, применяются при автоматической сборке кузовов легковых автомобилей. На технической выставке в г. Эссене фирма Fanuc Robotics продемонстрировала системную работу "разумных робототехнических ячеек", когда до четырех роботов одновременно выполняли по программе, задаваемой ЭВМ, задачи в комбинациях. В качестве новинки фирма показала сварочный робот, управляемый видеоперерабатывающей системой V-500 iA, автоматически выполняющий сварку по программе. Система работает с лазерным измерителем, обеспечивающим точное позиционирование схватывающего устройства робота (MaschinenMarkt, 2006, №4).

Современная видеотехника, управляющая роботами и автоматикой, может не только обеспечивать проверку качества изделий, но и подавать команды на сортировку, упаковку, нанесение этикеток на упаковки. Такие комбинированные системы работают на предприятиях германского концерна Weingarten, производящего инструменты, и разработаны специалистами MV Tech. С использованием лазерной осветительной установки несколькими контрольными системами проверяется в день до 120000 инструментов. Контрольные системы состоят из видеосистем и роботов (Verpack Rundschau, 2006, V46, №1).

Многие широко известные в мире автомобилестроительные предприятия используют группы роботов для изготовления и сборки узлов автомобилей. Фирма Automation Life разработала, построила и установила на предприятии Volkswagen AG многосвязные робототехнические монтажные ячейки, состоящие из нескольких роботов, работающих по одной связывающей их программе, выпускающие отдельные узлы автомобилей. В литературе появляются сообщения о проектировании заводов для автоматической сборки целых автомобилей с многочисленным штатом высококвалифицированных наладчиков и контролеров (MaschinenMarkt, 2006, №4).

Фирма General Motors построила небольшой завод, специально готовящий для своих предприятий группы

роботов и автоматов, покупаемых у разных фирм для монтажа, сварки, склейки узлов новых автомобилей. После отладки эти устройства передаются серийным автомобилестроительным заводам фирмы.

Для выполнения требований заказчиков по резкому снижению доли брака в поставляемых изделиях, фирмы-изготовители деталей стремятся широко использовать в робототехнике видеосистемы и видеодатчики. Особенно жестки требования к бездефектности у крупных автомобилестроительных и машиностроительных фирм, использующих робототехнические, управляющие автоматами устройства для автоматической сборки узлов изделий. Требования по бездефектности деталей нередко выставляются на уровень: "ноль брака на миллион деталей", в то время как трудно преодолимых причин брака может быть

много. Например, стружка, попавшая в малое отверстие на изделии, раковина в металле детали (деталей — тысячи), шероховатость в резьбе (выкрошился метчик). Выход один — тщательно, многократно проверять, отбраковывать все дефектные, нестандартные детали. Фирмы Brehm Präzisionstechnik и Cogne Schweiz разработали робототехническую систему контроля и сортировки деталей, позволяющую выполнять требования заказчиков по бездефектности деталей.

Сложная программа, по которой работает система, не только проверяет заданные чертежами размеры токарных деталей, но и осматривает их с разных сторон при большом увеличении, при разных вариантах освещения. Программа отбраковывает дефектные детали, собирает годные, упаковывает в герметичные, алюминиевые, защищенные по классу IP67 кассеты. Роботы маркируют кассеты и упаковывают их в ящики. Система работает с токарными деталями диаметром 3...24 мм и длиной 35...60 мм. Программа работы разная для разных деталей, она задается сразу всем ступеням контроля данной детали. На разработке и поставке подобных систем специализируется ряд фирм в разных странах (MaschinenMarkt, 2006, №5).

Фирма Schmid Technology разработала и запустила в производство робототехническую автоматизированную систему изготовления печатных плат. Платы разных видов (однослойные, многослойные) изготавливаются на разных конвейерах. Каждому заказу присваивается свой номер, на каждый заказ разрабатывается своя программа, содержащая все данные и команды, которые характеризуют заказ (материал, толщину, форму, рисунок проводников, число заказанных печатных плат и др.). Программа записывается в запоминающем устройстве. Автоматы в мо-



Робот Центрального научно-исследовательского института робототехники и технической кибернетики (ЦНИИ РТК)

мент, когда приходит очередь выполнения данного заказа, извлекают из запоминающего устройства программу данного номера и выполняют по очереди все положенные в соответствии с программой операции по изготовлению плат, при необходимости снимая плату с конвейера, а после выполнения операции возвращают плату на конвейер, который перемещает плату к автомату, выполняющему следующую операцию. Готовые платы снимаются с конвейера и автоматически комплектуются в кассеты данного заказа, поставляемые на склад (Maschine, 2006, v 60, №5).

Перечень интереснейших и полезнейших "разумных" робототехнических — автоматических систем можно продолжать без ограничений.

Фирмы работают для разных потребителей, специализируясь на определенных типах роботов, выпускаемая их сериями, рассчитанными на разные грузоподъемности, скорости, число осей и другие параметры, постепенно совершенствуясь, чтобы укрепиться на рынке. Существуют и процветают также фирмы, ориентирующиеся на обслуживание одного или нескольких видов предприятий, развивающие и обслуживающие свои разработки.

Фирма Ligmatech Automationssysteme в течение нескольких лет разрабатывает роботы, автоматизирующие производство мебели. Изучив технологию производства нескольких предприятий-изготовителей мебели, вместе с их сотрудниками компания обсуждает наиболее удобные для этих предприятий параметры и характеристики роботов, а затем, получив заказ, разрабатывает, изготавливает, а затем устанавливает и отлаживает роботов у заказчика. Фирма Ligmatech выполняет далеко не все заказы и пожелания изготовителей мебели только с помощью собственных роботов. Нередко, например, используют относительно дешевые роботы фирмы Kuka типов KR100/PA или KR180/PA, иногда дорабатывают чужие роботы или используют их "по совместительству" со своими в зависимости от того, что проще и выгоднее. За пять лет работы совместно с разными мебельными фабриками фирма стала "компетентным поставщиком робототехники и средств автоматизации мебельного производства" (НОВ, 2005, v52, № 12).

Роботами фирмы Mitsubishi Electric оборудована монтажная линия предприятия Geberit GmbH & Co KG, производящего санитарные станции, используемые во всем мире. Специализированный робот типа RH-19AH отбирает все детали санитарной станции из поставляемых ему пакетов, позиционирует их с высокой точностью в ячейках монтажного конвейера. Конвейер последовательно подвозит детали к трем роботизированным монтажным станциям, на которых роботы с "ломающейся рукой" типа RV-65 выполняют монтаж, точность реализации которого контролируется видеосистемами, посылающими сигнал тревоги на диспетчерский пункт с указанием шифра установки и

номера детали, если операция сборки, склейки, установки, зажатия выполнена не по стандарту.

Сборочная система работает в три смены, с малым числом контролеров в каждой смене. За год система сборки выпускает 3 млн. санитарных станций и вариантов конструкций. В среднем каждый тип станции содержит до 73 деталей. Собирается каждый тип станций по особой программе для каждого из роботов, участвующих в работе. Программы для каждого робота разделены и хранятся на сервере. Перед началом работы с новым типом станции для каждого робота автоматически выбирается своя программа (Blech Inform, 2005, №5).

В последние годы весьма интенсивно стали развиваться групповые робототехнические схемы, состоящие из нескольких роботов и управляемых ими автоматов. Программа работы групповых схем задается ЭВМ. В литературе появляется много теоретических работ, обосновывающих законы управления подобными схемами.

Фирма Kuka Roboter разработала систему одновременной работы до 15 роботов по общей программе на автосборочном предприятии. Объединение нескольких роботов и автоматов в группы, управляемые ЭВМ, может обеспечивать новые возможности производства, сокращение требуемых производственных площадей и сроков изготовления продукции, значительного удешевления производства, создание безопасности для работников (Masch. und Werkzeug, 2005, v106, №5, 7-8).

Наличие миниатюрных, высокочувствительных датчиков (чувствительность которых существенно превышает человеческую), реагирующих на различные физические явления, регистрирующих изображения, перемещения, ускорение, звуки, сочетания их, современные возможности хранения информации и ее использования для запуска в работу любой программы управления роботом, позволяют создавать автоматизированные "разумные" робототехнические системы самого разного назначения, чувствительности, быстродействия. Многие подобные системы разработаны, изготовлены и предлагаются фирмам — потенциальным покупателям. Еще большее число находится в стадии исследования, проектирования и разработки.

Использование промышленных роботов от очень простых до сложных, работающих по сложным, заменяемым программам, целесообразно не только при крупносерийном производстве, но и при выполнении часто повторяющихся одинаковых операций в единичном или малосерийном производстве, например, при выполнении очень длинных, ответственных сварочных швов, при постройке крупных судов. Применение промышленных роботов во многих случаях выгодно и при решении единичных, нечасто повторяющихся задач в железнодорожном и авиационном транспорте, каменноугольных шахтах, испытательной технике и др.

*Бердичевский Борис Ефимович — д-р техн. наук, проф.  
Контактный телефон (495) 930-97-40. E-mail: beb2008@yandex.ru*