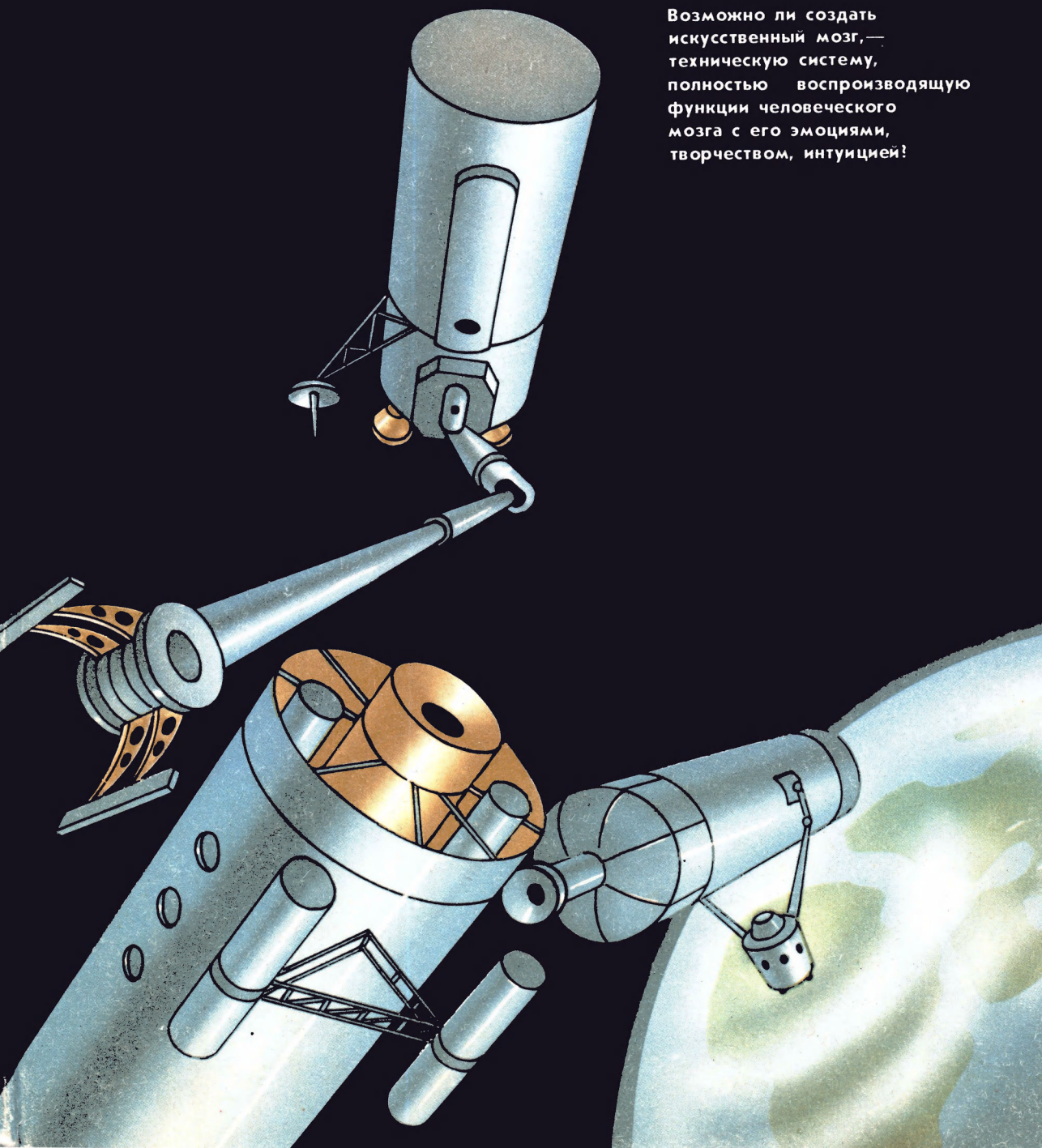


РОБОТЫ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ

Г.А.Спыну

Возможно ли создать
искусственный мозг, —
техническую систему,
полностью воспроизводящую
функции человеческого
мозга с его эмоциями,
творчеством, интуицией!



РОБОТЫ

Г.А.Спыну

С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ

Киев
«Тэхніка»
1989

ББК 32.816
С74
УДК 621.865.8

Рецензенты: академик АН УССР В. И. Скурихин, чл.-корр. АН УССР А. Г. Ивахненко,
канд. техн. наук А. М. Касаткин
Редакция литературы по машиностроению и транспорту
Зав. редакцией П. Ф. Боброва

Спыну Г. А.

С74 Роботы с искусственным интеллектом. — К.: Техника, 1989. — 111 с.
ISBN 5-335-00222-0

Рассмотрены роботы с элементами искусственного интеллекта или, как часто говорят, роботы с искусственным интеллектом, которые за короткий срок (15—20 лет) прошли путь от персонажей научно-фантастических повестей и кибернетических игрушек к реальным устройствам сегодняшнего дня. Предыстория и история роботов условно разделена на четыре этапа: мечты и легенды, андройды средних веков, кибернетические игрушки и первые роботы, робототехника настоящего времени (промышленные роботы, адаптивные роботы и роботы с искусственным интеллектом).

Описаны те области, где в настоящее время применяются роботы с искусственным интеллектом. Обсуждается перспектива развития и применения роботов с искусственным интеллектом в будущем.

Рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся достижениями современной робототехники.

С 2402020000-108 57.89
М202(04)-89

ББК 32.816

ISBN 5-335-00222-0

© Издательство «Техника», 1989

ПРЕДИСЛОВИЕ

В этой книге автор предлагает читателям путешествие в новую область, новую страну, которую уже частично населяют, а в будущем будут значительно больше заселять друзья человека — роботы. Миллионы людей являются свидетелями того, как стремительно развиваются новое научное направление — робототехника, отрасль промышленности — роботостроение и процесс — роботизация.

У читателя может возникнуть вопрос: а время ли сейчас заниматься этими проблемами? Действительно, в нашей жизни хватает сегодня разных, в том числе очень сложных, проблем. Но стоит ли отказываться от исследования глубин океанов и беспредельных просторов космоса только потому, что у нас много задач сиюминутных, текущих, обыденных? Следует ли смотреть на звезды, если на них ничего не написано? Нужно ли прогнозировать будущее, если в настоящем много недостатков, которые необходимо устранять сейчас? Автор глубоко убежден, что безусловно надо! Иначе будет необратимо упущено время, навсегда, и вернуть его уже будет невозможно.

Известный американский астроном Карл Саган пишет:

«Если состоится новая американо-советская встреча на высшем уровне, то мне бы хотелось, чтобы лидеры обеих великих держав наметили конкретные возможности совместной экспедиции на Марс. Пусть бы сперва мы с вашими учеными спланировали сообща посылку на Марс корабля с автоматическим управлением, с роботами и десантными тележками для изучения планеты».

В июле 1986 года завершен подготовительный этап западно-европейской научно-производственной корпорации под условным названием «Эврика». К ней присоединились все страны Европейского экономического сообщества, а также Австралия, Исландия, Норвегия, Турция, Финляндия, Швейцария и Швеция — всего девятнадцать стран. Центром программы «Эврика» стали 72 проекта из 300, выдвинутых для рассмотрения. Программа «Эврика» охватывает пять крупных направлений исследования: информатика и электроника, завод будущего и робототехника, средства связи, биотехнология и конструкционные материалы.

Программа «Евроробот» включает разработку и создание роботов с искусственным интеллектом для борьбы с пожарами, исследования космического пространства, работы в условиях радиоактивного заражения и т. д.

В Советском Союзе и странах СЭВ принята и выполняется комплексная программа научно-технического прогресса (КП НТП), рассчитанная до 2000 года, которая включает пять приоритетных направлений: атомную энергетику, комплексную автоматизацию, биотехнологию, производство новых материалов и электронику. В развитие этой программы в 1986 году принято соглашение об учреждении международного

научно-производственного объединения «Интерробот» по созданию совершенных средств робототехники. Между странами СЭВ распределены функции и научные направления работы. Такое международное объединение призвано объединить творческие возможности различных стран и, что очень важно, обеспечить максимальный уровень кооперации и поставки различных комплектующих.

В Советском Союзе создан межотраслевой научно-технический комплекс (МНТК) «Робот», включающий ряд ведущих специализированных научно-исследовательских институтов и промышленных предприятий.

Приведенные данные подчеркивают важность и актуальность развития робототехники.

Условно материал книги можно разделить на три части:

экскурс в прошлое робототехники, объективная оценка настоящего и взгляд в будущее.

В первой части автор стремится показать историческую ретроспективу развития робототехники, осветить некоторые сохранившиеся истории и легенды, раскрыть последовательность человеческой мысли в этом направлении, связать отдельные события и этапы воедино. Человек всегда стремился создать подобные себе механизмы, которые могли бы заменить его в трудных и неприятных жизненных ситуациях. Но мысль людей, как правило, всегда опережала возможности науки и техники того времени, в котором они жили. В этом стремлении увидеть и предугадать будущее автор видит одно из важных, прекрасных качеств человеческой интуиции и мысли, присущее только человеческому интеллекту.

Оценивая настоящее робототехники, широкое распространение промышленных роботов, которые уже пришли на помощь человеку при выполнении монотонных и утомительных операций и производственных процессов, можно сказать, что уже имеются большие достижения.

Ну, а взгляд в будущее, что можно и нужно сказать о нем?

Прежде всего автор ставит своей целью изложить читателю основные черты той обстановки, в которой будет действовать робот с искусственным интеллектом. Этому посвящены разделы «Космические роботы», «Сборочное производство», «Подводные роботы» и др. Учет особенностей окружающей среды, в которой будет функционировать робот с искусственным интеллектом, и того производственного процесса, который он должен выполнять, налагает специфические требования на конструкцию робота. Например, робот для космического пространства резко отличается от робота для исследования глубин океана или робота для выполнения хозяйственных операций в домашних условиях. Автор стремится определить (иногда в первом приближении) технические характеристики таких роботов.

Особое место в книге занимает глава «Искусственный интеллект».

В настоящее время под этим названием понимают новое перспективное научное направление. Эта проблема сейчас вышла на передний край научно-технического прогресса. В первом приближении эту проблему можно охарактеризовать как создание математических и лингвистических методов (в широком понимании этих слов) и технических средств, имитирующих функции человеческого мозга.

На сегодняшний день можно сформулировать три основные причины, приведшие к развитию обсуждаемой проблемы.

Во-первых, давнее и очень настойчивое желание людей создать интеллектуальные роботы, которые могли бы воспринимать внешнюю информацию,

ориентироваться и перемещаться в пространстве, принимать решения и, главное, выполнять целенаправленные действия в неорганизованной, сложной среде (космосе, океане, пустыне, под землей и т. д.). Во-вторых, настоятельная необходимость приблизить пользователя к ЭВМ, обеспечив между ними двухсторонний обмен информацией — диалог на естественном языке. И, в-третьих, проблема решения задач в сложных, плохо структурированных областях, которые не поддаются или плохо поддаются формализации. К таким задачам можно отнести подготовку научно-технических прогнозов. В настоящее время имеется реальный путь решения этой сложнейшей задачи — обобщение и формализация знаний, которые имеются у специалистов-экспертов данного профиля, преобразование их в машинную форму и введение в ЭВМ. В дальнейшем можно надеяться на процесс самообучения и совершенствования имеющихся знаний самой машиной.

Об искусственном интеллекте ведутся достаточно острые дискуссии на страницах периодической печати. Основной вопрос дискуссий заключается в том, возможно ли создать техническую систему — искусственный мозг, — полностью воспроизводящую функции естественного человеческого мозга с его эмоциями, творчеством, интуицией и т. д. Это вопрос, имеющий технический, психологический, философский и социальный аспекты, на который вряд ли можно надеяться получить однозначный ответ в ближайшие годы. В предлагаемой книге автор акцентирует внимание на еще одном важном и интересном научном вопросе — совмещении возможностей человеческого мозга с искусственным интеллектом в одной биотехнической системе и целесообразном распределении функций между человеком и роботом. Сделана попытка определить уровень задач, когда необходимо вмешательство человека в поведение робота. Что же касается самого термина «искусственный интеллект», то его нельзя считать очень удачным, адекватным всему научному направлению. Может быть на это повлияло и то, что в свое время указанной проблеме не уделялось достаточно внимания. К сожалению, лучшего названия этой научной проблеме никто предложить не может.

Что еще можно сказать о будущем роботов?

Интенсивная автомобилизация, характерная для многих стран, является сферой, где наблюдается стремительное развитие робототехники. Ведь первый в мире промышленный робот «Юнимейт» был создан для автоматизации контактной точечной сварки кузовов легковых автомобилей. Можно предположить, что в недалеком будущем изготовление, обслуживание и вождение автомобилей будет в значительной степени передано роботам.

Недавно промелькнуло сообщение, что в Японии на автозаправочной станции установлен робот, который заправляет автомобили бензином, получает деньги, протирает ветровое стекло машины и обращается к водителю приятным женским голосом.

Пока роботы робко и еще неуверенно пробуют свои силы в медицине. Скептически настроенный читатель воскликнет: «Нет уж, увольте!» А может быть не станет так категорично отвергать эту перспективу. Совершенно реальная и важная задача стоит в создании робота-сиделки для лежащих больных и робота-помощника для инвалидов с ограниченными физическими возможностями.

Высказана идея о создании миниатюрного робота-хирурга, который может быть введен в организм человека, перемещаться там по программе и посылать ответную информацию по радиоканалу. С точки зрения достижений современной электроники

в этой идее ничего невозможного нет. Даже относительно небольшой опыт применения роботов свидетельствует, что они могут и должны успешно заменять человека в экстремальных условиях — при высокой температуре, большом уровне радиации, под водой, где человек не может находиться или время пребывания его там очень ограничено.

Открываются благоприятные перспективы создания робота-пожарного, который мог бы двигаться в охваченном пламенем помещении и тушить пожар, а может быть, и спасать людей.

Это благородная задача, ради достижения которой стоит затратить силы и время. Приведенные примеры носят несколько экзотичный оттенок и могут рассматриваться как отдельные штрихи будущего роботов. Одно из самых серьезных затруднений на пути создания таких роботов — недостаточное быстроедействие вычислительных устройств искусственного интеллекта. Это ограничение особенно касается тех роботов, которые должны действовать в реальном масштабе времени.

Существует важное, можно сказать, стратегическое направление развития робототехники в настоящее время и в будущем — это роботизация промышленного производства, как говорят, промышленная робототехника. Именно в промышленности просматривается основное направление развития и применения роботов различных поколений для автоматизации и роботизации производственных процессов.

Сегодня мы находимся на раннем этапе научно-технической революции, связанной с внедрением информатики и робототехники, которые могут оказать на общество более глубокое воздействие, чем любая из предшествующих промышленных революций.

Цель книги — дать общее представление о путях и перспективах развития роботов с искусственным интеллектом, возможных областях применения таких устройств.

Отзывы и пожелания просим направлять по адресу: 252601 Киев, 1, ул. Крещатик, 5. Издательство «Тэхника».

ГЛАВА I ПРЕДЫСТОРИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ РОБОТОВ

1. МЕЧТЫ И ЛЕГЕНДЫ. ВЗГЛЯД В ГЛУБЬ ВЕКОВ

Идея создания человекоподобных механизмов пришла из глубокой древности. Человек давно мечтал создать искусственных механических слуг, заменяющих его на неприятных работах, которые имели бы достоинства человека и не имели бы присущие живым организмам недостатки. Вся предыстория развития роботов может быть условно разбита на четыре этапа, которые отличаются характерными особенностями — мечты и легенды, первые андройды, кибернетические игрушки, роботы нашего времени.

Хитроумные устройства еще во времена майя, инков и ацтеков позволяли неожиданно раскрывать двери храмов и поднимать из-под земли алтари.

По преданиям в 400 г. до нашей эры греческий философ Акрит сконструировал летающих орла и голубя, ползающую улитку, которых с трудом можно было отличить от настоящих.

Во времена египетского фараона Птолемея II Филадельфа (III век до нашей эры), согласно свидетельствам древних папирусов, был создан механический человек.

В известном произведении Гомера «Илиаде» имеются такие строки:

Навстречу ему золотые служанки вмиг подбежали,
Подобные девам живым, у которых
Разум в груди заключен, и голос, и сила,
Которых самым различным трудам обучили
Бессмертные боги ...

Аристотель упоминает о статуе Венеры, которая могла передвигаться благодаря какому-то устройству, помещенному внутри нее и приводимому в действие с помощью ртути.

Существуют предания, что император Священной Римской империи Карл V любил различные механические игрушки. Отрекшись от престола, большую часть своего времени он проводил, созерцая, как механические пешие и конные рыцари маршировали и сражались между собой.

Оценивая эти скудные и не связанные между собой сведения, можно сделать вывод, что в те далекие годы, на заре развития человечества не было достаточно развитой науки и технических возможностей для создания столь сложных человекоподобных устройств. Скорее всего, в этих преданиях отражены мечты людей, и поэтому такие истории можно отнести к легендам.

2. ПЕРВЫЕ АНДРОИДЫ.

ЗАБАВНЫЕ СОЗДАНИЯ ПРОШЛЫХ СТОЛЕТИЙ

В средние века создавались в большом количестве различные человекоподобные механизмы, которые получили название андроиды.

Первые андроиды изготовили швейцарский часовщик Пьер-Жак Дро и его сын Анри Дро в 1774 г. Они показали изумленным согражданам сконструированного ими механического писца (рис. 1). Он с важным видом макал гусиное перо в чернильницу и ровным, красивым почерком писал длинную фразу. При этом он двигал головой и любовно оглядывал написанное. Закончив писать, он посыпал, как было тогда принято, бумагу песком и встряхивал ее. В центре андроида был установлен барабан в вертикальном поло-

жении с набором кулачков (рис. 2). Хорошо видны многочисленные рычаги, приводящие в движение руки. В качестве источника энергии использовались мощные пружины.

Кроме этого писца мастера сделали механического рисовальщика и музыкантшу. В 1774 г. на выставке в Париже эти механические люди пользовались шумным успехом. Считают, что слово «андроид» создано из первых букв имени и фамилии Анри Дро. Вторая версия основана на том, что термин этот происходит от греческого «anthros», что значит «мужчина» или «anthropos» — «человек» и означает «човекоподобный».



Рис. 1. Механический писец.

Дошла до наших дней история создания механической женщины, ярко описанная Юлианом Семеновым.

В 1246 г. в городе Кельне жил молодой богослов Фома. Его учителем был Альберт Великий, ученый и ревностный христианин, в прошлом профессор университета в Париже. В доме, где жил Альберт Великий, была одна комната, в которую никогда никто не входил, кроме хозяина. Однажды Фома спросил учителя, что скрывается за закрытой дверью. Альберт поднял на него усталый взгляд: «Когда-нибудь узнаешь, Фома».

Разговор происходил весной, а осенью произошло следующее. В один из дней Фома как всегда отправился к своему учителю. Остановившись у знакомых дверей, он взял чугунный молоток и постучал. За дверью послышались шаги. Фома насторожился. Это была не Марта, старая служанка, которая постоянно впускала его. Дверь открылась. «Доброе утро, фрау», — удивленно приветствовал он незнакомую женщину и прошел в прихожую. «Доброе утро», — ответила она.

В голосе ее было что-то необычное, что заставило Фому вздрогнуть и обернуться. Странной, какой-то неестественной походкой женщина шла прямо на него. Фома едва успел сделать шаг в сторону, и она прошла мимо. Он успел рассмотреть ее лицо — неподвижное, словно мертвое. И страшная догадка шевельнулась в сердце у него. Сотворив знак креста и повторяя про себя заклинания против дьявола, Фома приблизился к женщине.

Она уже села в кресло и делала размеренные движения рукой, в которой был веер. Вдруг рука ее замерла. «Учитель ждет Вас в библиотеке», — произнесла она все тем же безжизненным голосом.

В тот же миг Фома прозрел окончательно. Хотя женщина открывала и закрывала рот, он ясно видел, что эти движения не попадали в такт со звучанием слов. Голос раздавался откуда-то изнутри, из ее груди или даже из живота. Говорила не она, а кто-то другой, кто сидел в ней. Фома сразу понял, кто был этот другой! Дьявол!

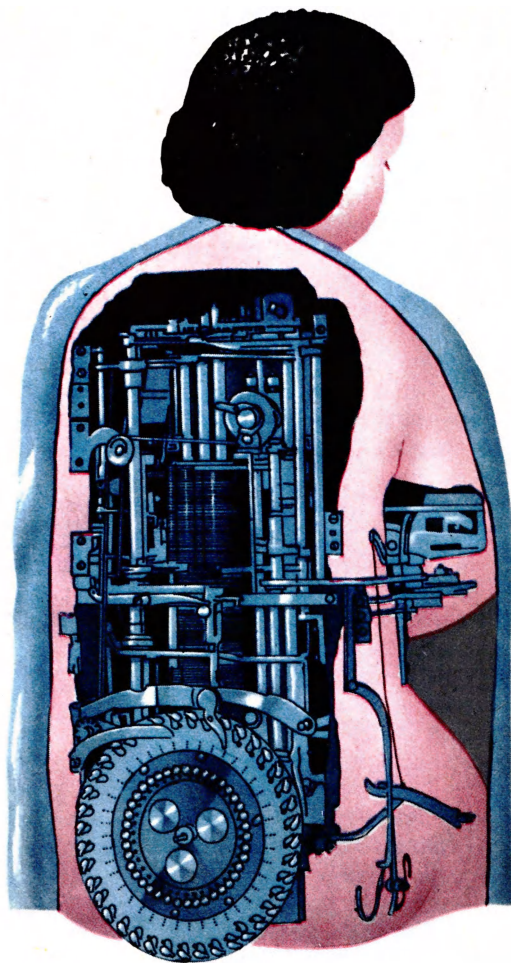


Рис. 2. Внутреннее устройство механического писца-андроида.

Будущий философ, к сожалению, оказался храбрым человеком. Он не бросился бежать и не перепугался до смерти. Схватив стоящую у камина железную кочергу, богослов вступил в единоборство с дьяволом.

Когда, слышав шум, седой ученый вбежал в комнату, все было кончено. Железная женщина, разбитая и изуродованная, валялась на полу. Казалось, потрясенный Альберт сейчас рухнет с ней рядом. «Несчастный!» — закричал он, — «Несчастный! Ты уничтожил труд тридцати лет моей жизни!»

Тридцать лет жизни, тридцать лет работы — такова была цена создания механического человека или, как говорили тогда, андроида. До нас дошло только упоминание об этой истории. Никаких чертежей и расчетов. Ничего.

Следующий андроид появился только через четыреста лет после андроида Альберта Великого. Его создателем был иезуитский миссионер Габриель де Магеллан, родственник знаменитого мореплавателя. Он отправился в Китай. Однажды Габриель де Магеллан сделал императору Китая удивительный подарок. Это был механический человек, который маршировал в течение четверти часа, держа в одной руке обнаженную шпагу, а в другой — щит, и приводился в движение скрытыми в нем пружинами.

Мы не знаем о дальнейшей судьбе этого андроида. Известно только то, что, несмотря на шпагу в руке, он оказался плохим защитником своего творца. Через несколько лет все миссионеры в Китае были схвачены и подвергнуты изощренным пыткам, Габриель де Магеллан не избежал этой участи. И в то солнечное утро, когда Габриеля везли на казнь, по розовому мрамору дворцового зала все так же размеренно и четко вышагивал железный человек, равнодушный к судьбе своего создателя.

Известны и другие примеры. К ним следует отнести произведения русского мастера Кулибина — большое количество замысловатых часов с движущимися фигурками людей и животных. Все эти человекоподобные устройства имели лишь внешнее сходство с человеком, были игрушками, служили для развлечения публики и практического применения не имели.

История робототехники не обошлась и без курьезов. В 1809 г. в штабе наполеоновской армии, расположенном во дворце Шенбрунн в Вене, царило оживление. Накануне сюда в большом закрытом фургоне привезли механического человека (рис. 3). Созданный руками искусного механика, этот андроид был якобы отличным игроком в шахматы. Узнав об этом, сам

император изъявил желание сыграть партию с необычным партнером.

Вечером в большом зале дворца собрались все, кто в знак особого расположения императора был допущен на этот сеанс. Человек против механизма, император против андроида. Все с интересом и удивлением рассматривали неподвижную фигуру механического игрока. В чалме, с усами, одетый в костюм турка андроид сидел перед доской, на которой уже выстроились массивные шахматные фигуры. Доска стояла на большом, похожем на ящик столе, закрытом с четырех сторон. Там находился механизм андроида. Да, механизм, и ничего более. В подтверждение этого владелец андроида поочередно отворял дверцы стола. Взглядам присутствующих открывались какие-то колесики, сложные системы зубчатых передач и рычаги.

Император не любил медлить. Он сел перед механическим человеком и сделал первый стремительный ход. Сидящий перед ним механический человек пришел в движение. Почти человеческим движением он протянул руку и переставил свою фигуру. Наполеон, очевидно, чувствовал, что сегодня впервые центром внимания является не он. Чуть нахмурившись, император сделал второй ход. Наполеон играл быстро. Комбинации мгновенно созревали в его уме, изощренном в других играх, игровой доской в которых ему служила Европа, а фигурами — армии и народы. И все же многие начали догадываться, что император проигрывает. Раньше других это понял он сам.

Тогда, верный своей военной тактике, он делает неожиданный ход. Императорский ферзь бросается в атаку, перескочив с черной полосы на белую. Наполеон не раз во время сражений добивался удачи, отбрасывая каноны военной науки. Сейчас он решил пренебречь канонами и правилами игры. Каверзность этого хода невозможно было не заметить. Но ропот придворного восхищения, пробежавший по залу, тут же смолк. Железный человек протянул руку к фигуре императора и поставил ферзя на место.

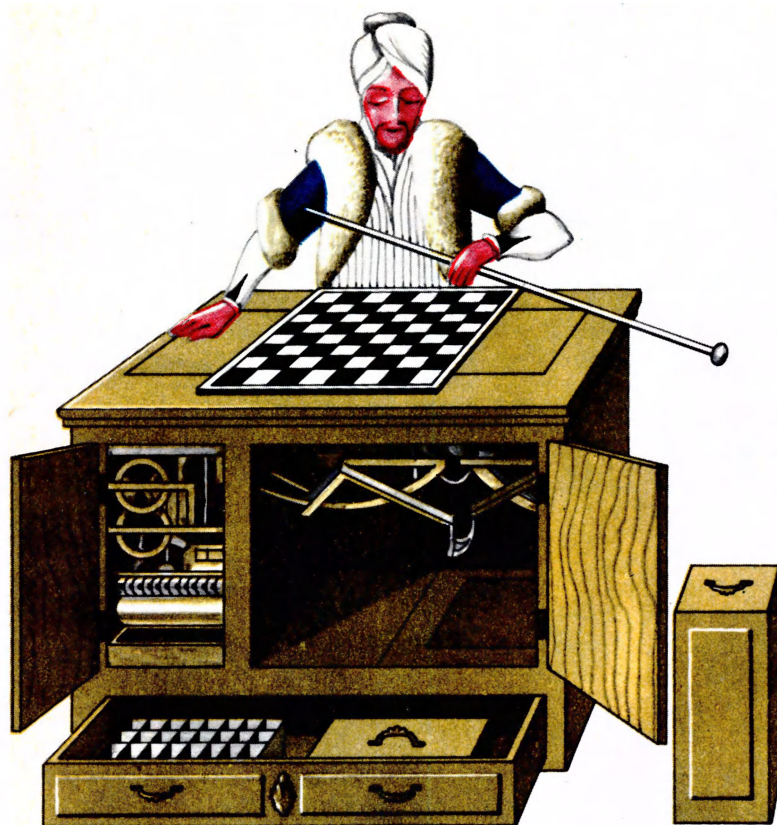


Рис. 3. Игрок в шахматы.

Это была дерзость. Наполеон закусил губу. Через несколько ходов он снова пытался сделать неправильный ход, и снова андроид все так же бесстрастно поправил его. Но когда Наполеон, не раз испытывавший судьбу, повторил это в третий раз, он был наказан. Андроид поднял руку и сбросил фигуры на пол.

Все замерли, ибо уже не раз видели императора в ярости. Однако Наполеон умел сдерживать себя. Он обратил все в шутку. И действительно, на кого сердиться его императорскому величеству? На механизм, на это бездушное сочетание рычажков и колесиков?

Наполеон никогда так и не узнал, с кем он играл в тот вечер. Среди частей ложного механизма, в недрах шахматного стола был скрыт человек — один из лучших венских шахматистов того времени

Альгаер. Как ни печально, автомат для игры в шахматы был мистификацией. В течение десятков лет автомат, тайна которого тщательно скрывалась, объехал все европейские столицы. В конце прошлого века, когда секрет железного человека был раскрыт, следы его теряются.

Эта ловкая подделка бесспорно являлась произведением искусства. Ее автором был венский механик Вольфганг Кемпелен. Стремительная мысль конструктора не хотела следовать за медленной поступью науки его времени. Так творческая мечта конструктора обратилась в талантливую мистификацию.

Трудные и, казалось бы, неразрешимые проблемы вставали перед создателями первых андроидов. Прежде всего возникала задача, где взять энергию, которая могла бы заменить силу человеческих

мышц. Обычно использовали одну достаточно мощную пружину или систему пружин. Так как энергии пружин было явно недостаточно, то как только появились паровые машины, они вторглись и в мастерские создателей роботов.

В конце прошлого века в Соединенных Штатах из города в город разъезжал некий Дж. Мор. Он путешествовал не один, а в компании с паровым человеком. Спутником Дж. Мора был двухметровый железный андроид, который приводился в движение скрытой внутри паровой машины. Эта машина развивала мощность в половину лошадиной силы.

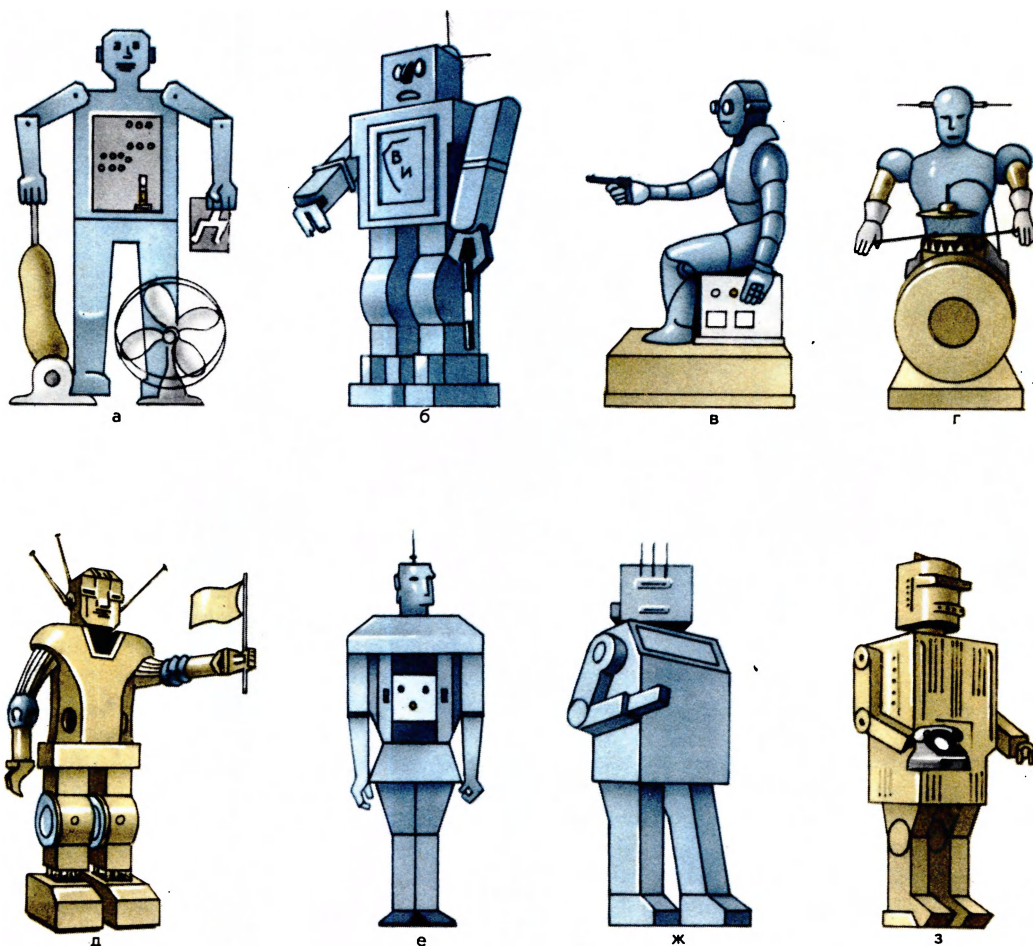
Необычное зрелище собирало много людей. «Паровой человек» сначала неу-

веренно, словно сомневаясь в своих способностях, переставлял одну ногу, потом другую. Сделав первые шаги, он начинал идти скорее и, двигаясь по кругу, развивал скорость до 7—8 км/ч. А в то время, как он шел, у него изо рта, как на морозе, валил пар.

Но увы, ни «марширующий человек» Магеллана, ни «паровой человек» не мог-

Рис. 4. Роботы начала XX века, созданные в различных странах:

а — «Телевокс»; б — робот, демонстрировавшийся в Париже в 1937 г. (СССР); в — «Альфа»; г — «Сабор П»; д — робот, изготовленный в 1960 г. (СССР); е — «Мистер Омм-Киловатт»; ж — робот РЕМ (СССР); з — робот АРС; и — «Сибиряк» (СССР); к — робот из Калининграда (СССР); л — «Нептун»; м — «Эрик»; н — «Тинкер»; о — робот, демонстрирующийся на выставке «Экспо-70» в Японии (СССР); п — робот ВУКА (СССР); р — автоматический пингвин.



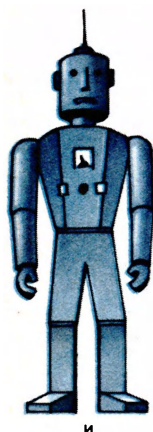
ли произносить слов, совершать разные действия. Они умели только ходить и двигать руками. Проблема шагающих механизмов не решена в полном объеме и сейчас, продолжая привлекать внимание известных специалистов.

В 1761 г. известный математик Леонид Эйлер писал: «Когда удастся сконструировать машину, которая сможет воспроизводить все звуки наших слов со всеми их оттенками, — это будет величайшим открытием... Я не вижу в этом ничего невозможного.» Понадобилось двести лет, чтобы решить эту задачу.

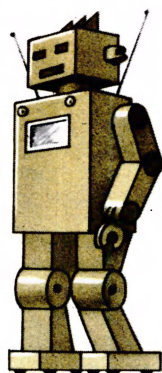
Итак, стремясь дать общую характеристику второму этапу, можно сказать, что в качестве источников энергии андро-

идов использовались пружины. Как правило, механизмам придавалось внешнее сходство с человеком, и, конечно, отсутствовала связь с внешним миром. В андроидах широко использовались механические передачи, очень сложные кинематические устройства, которые могли частично заменить силу человеческих мышц. История говорящей женщины-андроида, якобы созданной Альбертом Великим, несколько выпадает из этой эпохи и ее достоверность вызывает сомнение.

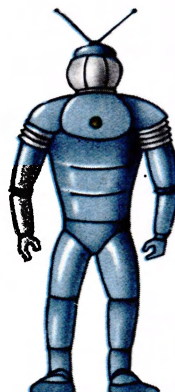
Все описанные механизмы были произведениями выдающихся механиков-умельцев. Постепенно против этих андроидов и их творцов в обществе тех лет зрело недовольство и, в известной степени, даже



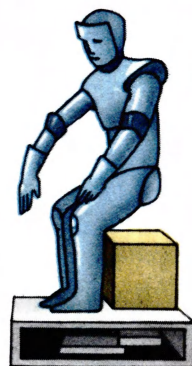
И



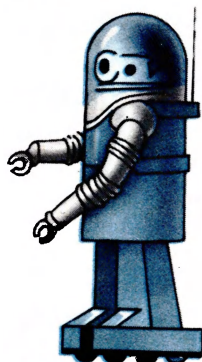
К



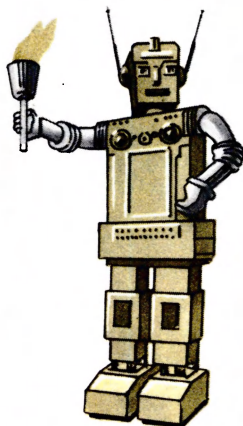
П



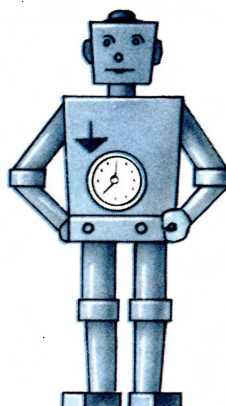
М



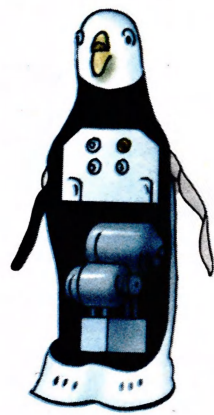
Н



О



П



Р

страх. Церковь усиленно насаждала и подогревала такие настроения, уверяя, что эти механические куклы создаются против сил божьих.

Если не считать различных хитроумных часов, то, к сожалению, время и люди не пощадили шедевров средневековья — антропидов, и до нас не дошли ни сами антропиды, ни какие-либо их чертежи или эскизы.

3. ПЕРВЫЕ ШАГИ РОБОТОТЕХНИКИ. КИБЕРНЕТИЧЕСКИЕ ИГРУШКИ

Конец XIX и начало XX столетий характеризуются выдающимися открытиями в области науки и техники. Появились и начали широко применяться различные электрические устройства, генераторы тока, электрические двигатели, аккумуляторы, были изобретены телеграф и телефон. Электрическая энергия начала использоваться все шире и шире. В начале XX столетия начали интенсивно развиваться новые науки — радиотехника, электроника.

Все эти достижения человеческой мысли не могли не повлиять на проблему создания антропоморфных устройств, и поэтому XX век можно считать началом третьего этапа эволюции роботов.

В 1920 г. известный чешский писатель Карел Чапек произнес волшебное слово «робот» в своем удивительном произведении «Россумские универсальные роботы». Драма «R.U.R» сделала имя писателя широко известным не только на родине, но и за границей. Термин «робот» вошел в международный лексикон, быстро получил признание во всем мире и олицетворяет теперь новое научно-техническое направление — робототехнику.

Новые научные открытия и изобретения позволили проблеме создания роботов перевести на новый, более совершенный фундамент. Появились реальные возможности оснастить робота зрением — фотоэлементами, слухом — микрофонами, речью — громкоговорителями.

Один из первых советских роботов демонстрировался на международной вы-

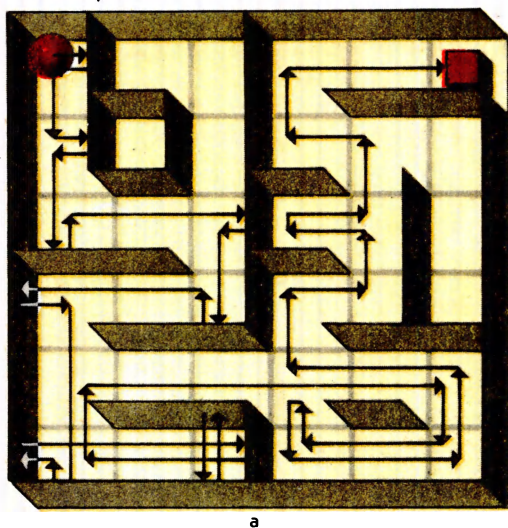
ставке в Париже в 1937 г. На Всемирной выставке в Нью-Йорке в 1939 г. можно было видеть шагающий робот «Электро» с собакой-роботом «Снарк». «Человек» беседовал с многочисленными посетителями, а «собака» лаяла и служила. В эти же годы появились роботы «Телевокс», «Эрик», «Альфа» и другие, которые двигали руками, отвечали на вопросы, садились и вставали, стреляли из пистолета, восхищали и пугали зрителей, но по-прежнему были только игрушками.

Рисунки этих роботов приведены в книге Hesse S. Golems Enkel; Urania — Verlag, Leipzig — Jena — Berlin, 1986 (рис. 4).

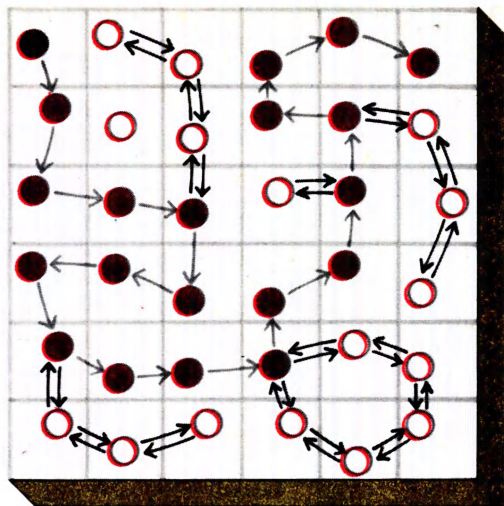
В то же время начали появляться первые плоды науки, которая позже стала называться кибернетикой. Ученые и инженеры начали разрабатывать устройства, которых, хоть и скромно называли кибернетическими игрушками, создавали отнюдь не для развлечения. Они служили примером практического воплощения идей автоматического управления, моделировали поведение живых организмов в простейших ситуациях.

Большую известность среди этих кибернетических игрушек приобрели устройства, напоминающие черепах, жуков, белок, собак и др. Первые простейшие схемы таких устройств, способных двигаться в направлении света, разработал основатель кибернетики Н. Винер.

Наибольшую известность приобрели три «черепашки», созданные английским биофизиком и нейрофизиологом Г. Уолтером в 1950—1951 гг. Эти устройства представляют собой самодвижущиеся электромеханические игрушки, способные ползти на свет или от него, обходить препятствия, заходить в «кормушку» для подзарядки разрядившихся аккумуляторов и т. п. (рис. 5). «Черепашки» приводятся в движение с помощью двух электродвигателей, питаемых от аккумуляторов. Первый двигатель обеспечивает поступательное движение устройства, второй, расположенный на рулевой колонке, изменяет направление движения. Чувствительными элементами первых двух «черепашек» Г. Уолтера являются фотоэлемент,



а



б

Рис. 5. Движение кибернетической черепашки в лабиринте:

а — устройство лабиринта; б — схема движения черепашки.

расположенный на рулевой колонке, и механический контакт, замыкаемый при наезде на препятствие. Управление поведением осуществляется с помощью несложной электронной схемы с обратной связью.

Несмотря на очень простое устройство, «черепашки» демонстрируют забавные свойства. В темноте или при слабом свете они беспорядочно ползают, как будто что-то ищут. Наткнувшись на препятствия, они сворачивают и пытаются их обойти. Если имеется достаточно сильный источник света, они его скоро «замечают» и решительно направляются в его сторону (положительный тропизм). Однако подойдя к свету слишком близко, они от него отворачиваются (отрицательный тропизм). Теперь они двигаются вокруг источника света, находя для себя оптимальные условия и непрерывно поддерживая их (гомеостазис). Между двумя источниками света «черепашки» совершают путешествия от одного к другому наподобие бурдианова осла, который, как известно, умер от голода, находясь между двумя одинаковыми копнами сена, не будучи в состоянии выбрать, какой из них вкуснее. Две черепаш-

ки «видят» и «узнают» друг друга по зажженной лампочке и ползут друг другу навстречу.

В этот период в нашей стране и за рубежом проводились многочисленные семинары, конференции, диспуты и дискуссии, на которых обсуждались проблемы автоматизации и робототехники.

Тогда же появилось большое количество научно-фантастических повестей и рассказов, которые были посвящены различным аспектам применения роботов на земле, в космосе, на других планетах. В этих произведениях авторы пытались предугадать будущее роботов.

В одном из своих романов Айзек Азимов сформулировал так называемые законы робототехники: робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред; робот должен повиноваться всем приказам, которые отдает человек, кроме тех случаев, когда они противоречат первому закону; роботу следует заботиться о своей безопасности, если это не противоречит первому и второму законам.

В этот период развития и эволюции роботов были найдены интересные и полезные научно-технические решения. Главной особенностью роботов третьего этапа эволюции было использование ранее от-

крытого и сформулированного к тому времени фундаментального понятия «обратная связь».

Основная идея обратной связи заключается в использовании отклонения параметров внешней среды от определенного уровня для выработки ответных управляющих воздействий. Если под действием обратной связи первоначальное отклонение состояния объекта, вызванное воздействием, уменьшается, то имеет место отрицательная обратная связь, в противном случае говорят о положительной обратной связи. Обычно положительная обратная связь приводит к неустойчивой работе системы. Без отрицательной обратной связи невозможен процесс вождения автомобиля даже по очень хорошей дороге. Без этой связи немыслима жизнь и развитие живых существ самого различного уровня. И использование этих закономерностей имело существенное значение на дальнейшем этапе развития роботов.

4. РОБОТЫ НАШЕГО ВРЕМЕНИ. БУРНОЕ РАЗВИТИЕ РОБОТОТЕХНИКИ

Четвертый этап эволюции роботов начался в конце шестидесятых и начале семидесятых годов нашего столетия и ха-

рактеризуется тем, что мечты человека о создании роботов — помощников человека становятся реальностью. Появились первые промышленные роботы, которые стали у металлорежущих станков, сварочных аппаратов, прессов и штампов и заменили на этих утомительных монотонных операциях человека.

Мы стоим сейчас на пороге самого интересного этапа, значение которого легче недооценить, чем переоценить. Недаром символом и девизом одного из международных симпозиумов по робототехнике был такой: «Эпоха людей и роботов». В настоящее время робототехника развивается бурными темпами во всех основных промышленно развитых странах мира.

Сравнительно недавно было сформулировано новое понятие «искусственный интеллект». Теперь проблема роботов тесно связана с созданием искусственного интеллекта.

В середине XX века возникла и сформировалась новая научно-техническая проблема — робототехника, которая считается одной из самых актуальных и перспективных проблем нашего времени.

Весь последующий материал этой книги посвящен четвертому этапу эволюции роботов.

ГЛАВА 2 ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ

1. ЧТО ТАКОЕ РОБОТ!

На протяжении предыдущих страниц этой книги автор много раз употреблял слово «робот». Нет сомнений, что у читателя уже возник вопрос: «А что такое робот?» Робот — это универсальный автомат, позволяющий выполнять механические действия. Его принципиальной особенностью является быстрая оперативная перестройка с одной выполняемой операции на другую. Существует несколько разновидностей роботов и для каждого из них имеется свое определение. Чаще всего говорят о трех поколениях роботов: промышленных роботах, адаптивных роботах и роботах с искусственным интеллектом или как говорили раньше — интегральных роботах.

Эта классификация появилась приблизительно в начале семидесятых годов и нашла повсеместное признание в СССР и за рубежом, хотя в ней содержится определенная неточность. Действительно, термин «поколения» пришел от людей и предполагает, что одно поколение с течением времени заменяется другим. Совершенно правильно это понятие применяется для ЭВМ. Никому в голову не придет сейчас мысль создавать и эксплуатировать ЭВМ на электронных лампах, т. е. первое их поколение. Они уже устарели и могут найти место лишь в музее.

А вот поколения роботов не заменяют одно другим, они будут существовать в обозримом будущем. Это, точнее, классы или типы роботов. Тем не менее такая классификация используется во всей литературе. Несмотря на то что эта книга посвящена роботам третьего поколения, т. е. роботам с искусственным интеллектом, автор считает необходимым познакомить читателя кратко с первыми двумя поколениями.

2. СОСТОЯНИЕ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ

К проблеме создания и внедрения промышленных роботов в настоящее время приковано внимание большого количества научно-исследовательских институтов, различных фирм и организаций, широкого круга научно-технической общественности. Это объясняется техническими, экономическими и социальными причинами.

В настоящее время в нашей промышленности еще очень велика доля ручного, немеханизированного, труда. Особенно это касается вспомогательных транспортных операций. Значительная часть рабочих занята выполнением погрузочно-разгрузочных работ и транспортировкой грузов в складском хозяйстве. Эти работы получили в свое время название вспомогательных, хотя играют в производстве важную роль.

Достаточно представить себе напряженное положение с трудовыми ресурсами, демографическую ситуацию в стране, чтобы стала ясной экономическая недопустимость дальнейшего сохранения значительной доли ручного, немеханизированного труда, которая в настоящее время в промышленности достигает 40 %. Такое положение в дальнейшем недопустимо и поэтому большое количество организаций, научно-исследовательских институтов, отдельных ученых и специалистов в СССР и за рубежом занимаются этой важнейшей проблемой нашего времени и уже достигли значительных успехов.

Это положение сложилось не потому, что важной проблеме механизации и автоматизации вспомогательных, транспортных операций не было уделено должного внимания. Дело объясняется тем, что механизация и особенно автоматизация таких операций представляет собой чрезвычайно трудную научно-техническую задачу. Особенно это касается мелкосерийного и серийного производства с часто изменяющейся программой, которое составляет примерно 75 % от общего объема производства.

Действительно, только за последние десятилетия усилиями ученых, инженеров и рабочих было создано большое количество совершенных машин-автоматов для выполнения основных технологических операций. Наиболее ярким примером могут служить металлообрабатывающие станки с числовым программным управлением (ЧПУ) и обрабатывающие центры. Современный фрезерный станок с ЧПУ может за короткое время обработать и изготовить деталь такой сложной формы, которую человек вообще не может сделать вручную, либо должен затратить на ее изготовление много времени. Однако часто приходится наблюдать, как на этот совершенный станок заготовка устанавливается и готовая деталь снимается рабочим вручную. Такое положение можно объяснить следующим образом.

Для того чтобы обучить человека такой простой операции, как, например, взять заготовку из бункера, где они лежат навалом, необходимо весьма малое время. Процедура эта одна из самых простых в производственном цикле. Однако при автоматизации этой простой вспомогательной операции возникают невероятные трудности, и до настоящего времени эта задача не имеет общего решения. Объясняется это тем, что тут в полном объеме возникает проблема распознавания образа, появляются большие сложности в создании математической модели «сцены» и трудности в разработке математического обеспечения необходимой автоматической системы. Полученные устройства выполняют операцию, однако вводится целый ряд серьезных ограничений.

Таким образом, исторически сложился неравномерный уровень автоматизации основных и вспомогательных транспортных операций. Такой перекося в автоматизации, в частности, является тормозом в создании систем комплексной автоматизации мелкосерийного и серийного машиностроительного производства.

Указанные выше трудности успешно преодолены при создании автоматических устройств для крупносерийного и массового производства. Созданы специализи-

рованные автоматы и транспортные устройства, предназначенные выполнять один и тот же технологический процесс на протяжении длительного времени.

Промышленные роботы, разработанные в различных странах, предназначены для автоматизации именно вспомогательных, транспортных операций в условиях мелкосерийного и серийного производства и поэтому могут в значительной степени устранить существующий перекося и создать системы комплексной автоматизации.

На промышленных предприятиях, в сельском хозяйстве существует большое количество операций, которые выполняются в экстремальных условиях (высокая температура, большие загазованность и токсические выделения, высокий уровень шумов и вибраций). Человек не может находиться в условиях сильного радиоактивного излучения или время его нахождения в такой зоне резко ограничено. Существуют тяжелые и опасные профессии, как, например, работа под землей в шахтах, работа под водой в прибрежном шельфе, на больших глубинах и т. д.

Все эти условия неблагоприятно сказываются на здоровье человека, и поэтому гуманный долг специалистов в области автоматизации и роботизации заключается в освобождении человека от таких тяжелых, а иногда и опасных для жизни работ.

Кроме сказанного выше следует отметить, что промышленные роботы позволяют повысить производительность оборудования, качество выпускаемой продукции и на новом, более высоком уровне решать задачи комплексной автоматизации. Как стало ясно теперь, применение промышленных роботов позволяет существенно пересмотреть распределение функций между человеком и машиной на производстве.

Первое поколение промышленных роботов отличается тем, что они не имеют датчиков внешней информации и не могут реагировать на изменение внешней среды. У читателя, несомненно, возникнет вопрос: «Ведь уже было сказано, что ха-

рактерной особенностью роботов третьего периода эволюции было наличие обратной связи, т. е. они могли изменять свое поведение при изменении параметров внешней среды. Почему же промышленные роботы не имеют обратной связи?»

Объясняется этот парадокс следующим образом.

В промышленности имеется громадное количество монотонных операций. Ярким примером такой операции может быть работа на прессах и штампах, когда рабочий берет заготовку, иногда горячую, с заусеницами и покрытую слоем масла, кладет ее под пресс, а затем вынимает готовую деталь и сбрасывает ее в специальную тару. Для выполнения такой операции роботу обратная связь не нужна. Внешняя среда настолько упорядочена, что робот прекрасно справляется с этой работой. А устройства, обеспечивающие обратную связь, достаточно сложные и дорогие, поэтому их надо устанавливать на робот тогда, когда это необходимо по условиям эксплуатации.

Машиностроение является основной отраслью производства, где в настоящее время применяются промышленные роботы. Уровень механизации производственных процессов в машиностроении в условиях мелкосерийного и серийного производства остается до настоящего времени низким. Например, трудоемкость сборочных процессов в машиностроении и приборостроении составляет 20—70 % от общей трудоемкости изготовления изделий. Уровень механизации сборочных операций на машиностроительных предприятиях составляет около 20—30 %, и только в условиях массового, поточного производства он достигает 70 %. Уровень автоматизации сборочных процессов в машиностроении в настоящее время низкий.

Учитывая сложившиеся обстоятельства, в промышленно развитых странах стремятся снизить трудоемкость ручных операций в машиностроении путем применения различных средств автоматизации и роботизации. Применение современных промышленных роботов позволяет повысить коэффициент сменности

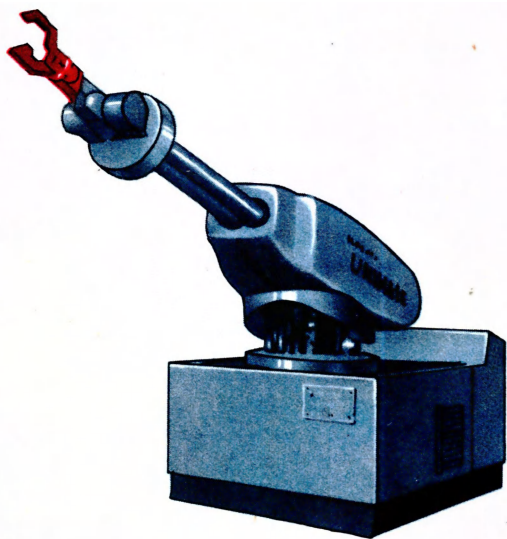


Рис. 6. Первый промышленный робот «Юни-мейт-2000» (США).

работы оборудования до двух и более, снизить себестоимость и повысить производительность труда в 2—3 раза и более.

Впервые промышленные роботы начали создаваться в США в середине 50-х гг., а в начале 60-х гг. в американской печати появились первые сообщения о манипуляторах для автоматизации сборочных и других работ. К 1962 г. в США были созданы первые в мире образцы промышленных роботов «Версатран» фирмы «АМФ Версатран» и «Юнимейт» фирмы «Юнимейшн Инкорпорейтед» (рис. 6). Робот «Юнимейт» имеет пять управляемых координат, электрогидравлический привод и позиционную систему управления. Фирма «Юнимейшн» обеспечивает более 70 % спроса на промышленные роботы в мире. Большинство этих роботов выполняет операции точечной и дуговой сварки, загрузки и разгрузки технологического оборудования, а также обслуживает прессы, штампы и т. д. В 1981 г. на предприятиях «Дженерал моторс» было уже 270 роботов, а во всех Соединенных Штатах Америки их число превысило 3000.

В Японии начали заниматься роботостроением почти на 10 лет позже, чем в

США. Однако японские фирмы очень быстро изучили их опыт и сами приступили к созданию роботов. В 1967 г. Япония приобрела робот модели «Версатран», а несколько позже фирма «Кавасаки» купила лицензию на изготовление робота «Юнимейт». К этому времени многие японские фирмы были уже готовы к разработке собственных моделей роботов. Опираясь на достижения техники в области электроники, гидравлики и пневматики, японцы смогли за короткий срок создать большое количество разных моделей промышленных роботов, например фирмы «Кавасаки-Юнимейт» и «Син-Мэйва». В настоящее время в Японии насчитывается более 100 фирм, занимающихся роботами. Она занимает первое место среди капиталистических стран по выпуску и количеству эксплуатируемых промышленных роботов на предприятиях.

Несколько позже Японии начали развивать роботостроение Англия, ФРГ, Швеция, Норвегия и Италия. Выпуском роботов в этих странах занимается ряд известных фирм. Созданы достаточно совершенные образцы промышленных роботов, таких как «SMART», устанавливающих колеса на легковые автомобили (рис. 7), «ACEA» для дуговой сварки плавлением (рис. 8), роботы «Тральфа» и роботы фирмы «КУКА».

Можно считать, что работы по роботостроению в СССР начались в 1972 г., когда был утвержден первый координационный план Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике. В этом документе предусматривались конкретные исполнители и сроки создания опытных образцов промышленных роботов различного назначения. Однако исследования в области робототехники начались значительно раньше.

В Институте машиноведения АН СССР под научным руководством Героя Социалистического Труда академика И. И. Артоболевского была создана школа, занимающаяся вопросами в области теории машин и механизмов, непосредственно имеющая

отношение к робототехнике. Фундаментальные исследования, выполненные на протяжении ряда лет, создали теоретическую базу развития науки о манипуляторах. В течение многих лет академик И. И. Артоболевский возглавлял Научный совет АН СССР по проблеме «Роботы и робототехнические системы».

В Московском высшем техническом училище им. Баумана под руководством известного ученого, члена-корреспондента АН СССР проф. Е. П. Попова в течение многих лет ведутся фундаментальные исследования в области теории автоматического управления, послужившие теоретической базой в создании роботов и манипуляторов, развитии робототехники в СССР.

В ОКБ Технической кибернетики Ленинградского политехнического института им. М. И. Калинина многие годы проводились исследования по созданию специальных манипуляторов под научным

руководством доктора технических наук, профессора Е. И. Юревича.

Большую роль в создании новых промышленных роботов сыграл доктор технических наук, профессор П. Н. Белянин. В частности, он является автором первых монографий по этой проблеме (Промышленные роботы, М., «Машиностроение», 1975.; Промышленные роботы Японии, М., НИИАТ, 1977; Промышленные роботы США, М., НИИАТ, 1978 г.).

Под руководством дважды Героя Социалистического Труда, академика Б. Е. Патона с участием автора этой книги с 1972 г. в Институте электросварки им. Е. О. Патона АН УССР велись работы по созданию отечественных промышленных роботов для сварки. В 1977 г. была издана монография «Промышленные роботы для сварки».

В этот же период в разработке фундаментальных теоретических положений и средств робототехники приняло учас-

Рис. 7. Промышленный робот «SMART» фирмы Комау.

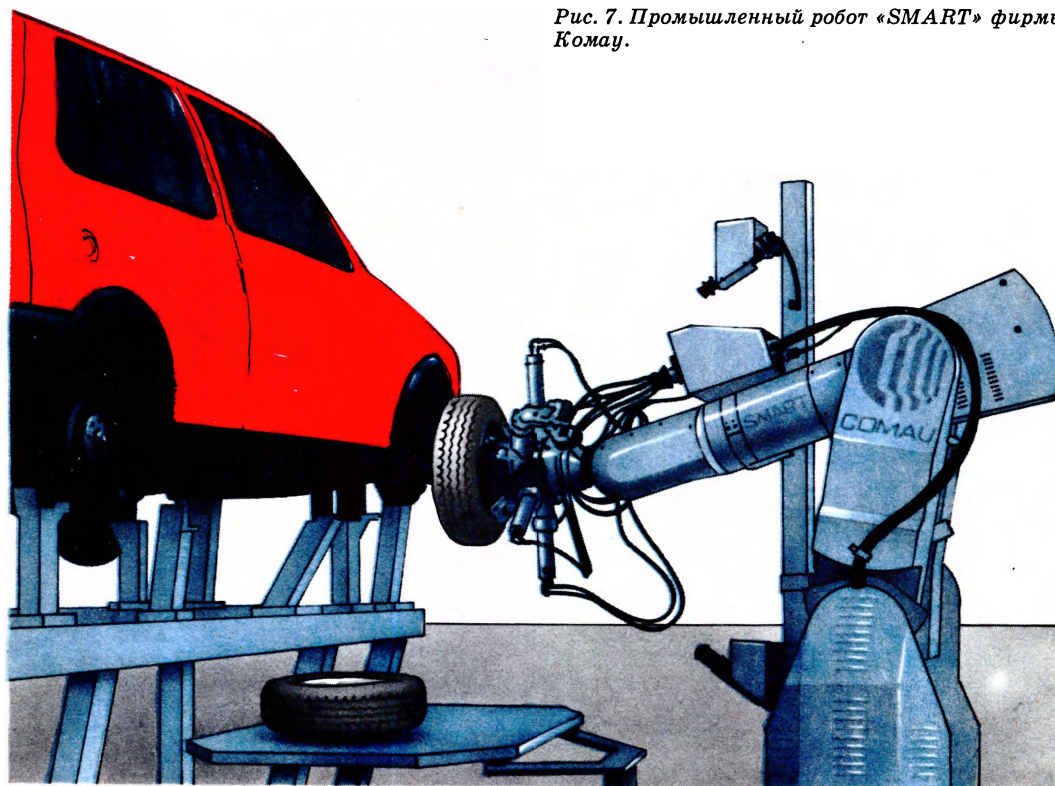
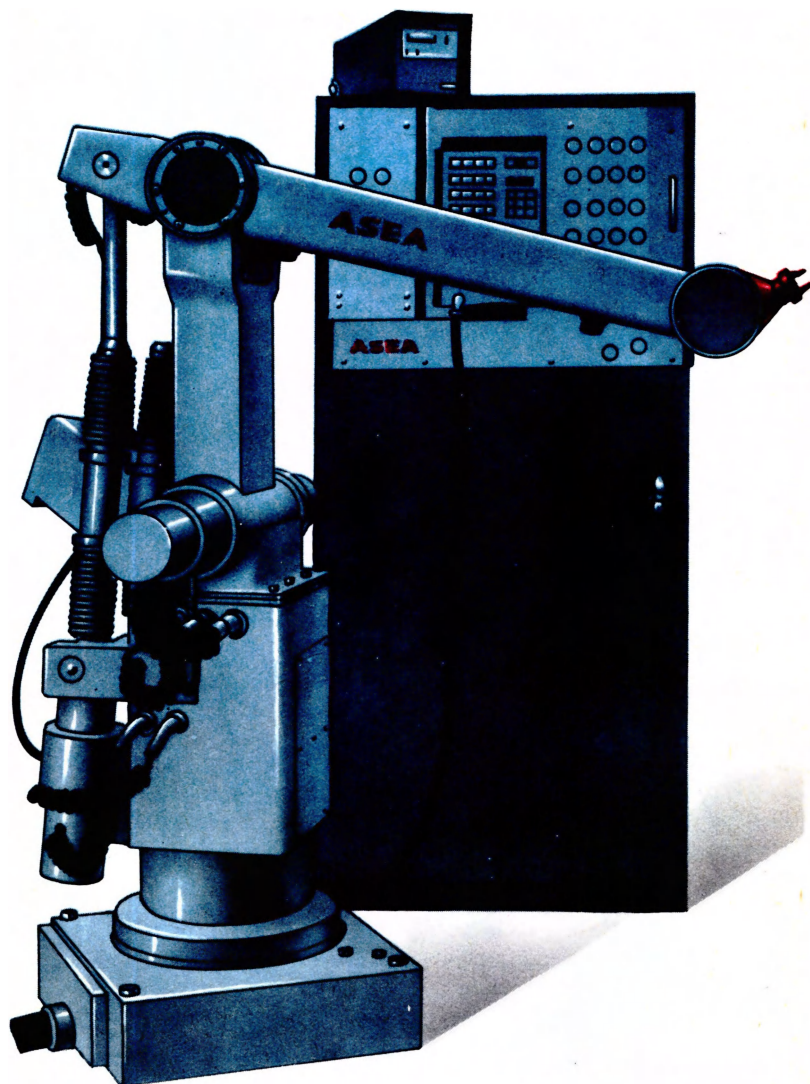


Рис. 8. Промышленный робот «АСЕА» рычажной компоновки с электрическим приводом.



тие большое количество известных ученых и инженеров, которые внесли свой вклад в развитие этой проблемы.

Теоретический задел в области робототехники, изучение, анализ и обобщение зарубежного опыта позволили в относительно короткие сроки добиться существенных результатов по созданию отечественных образцов промышленных роботов различного назначения.

С некоторой условностью развитие роботостроения в СССР можно разделить на три этапа.

С 1972 по 1975 г. в нашей стране разработано и создано большое количество опытных образцов промышленных роботов различного назначения, грузоподъемности и конструкции. К лучшим образцам относятся промышленные роботы серии «Универсал» (пять управляемых координат, грузоподъемность 15 кг) (рис. 9), «Циклон-5», «Бриг-10», «МП9-10»; «ИЭС-690» (пять управляемых координат, грузоподъемность 20 кг, электрогидравлический привод) (рис. 10).

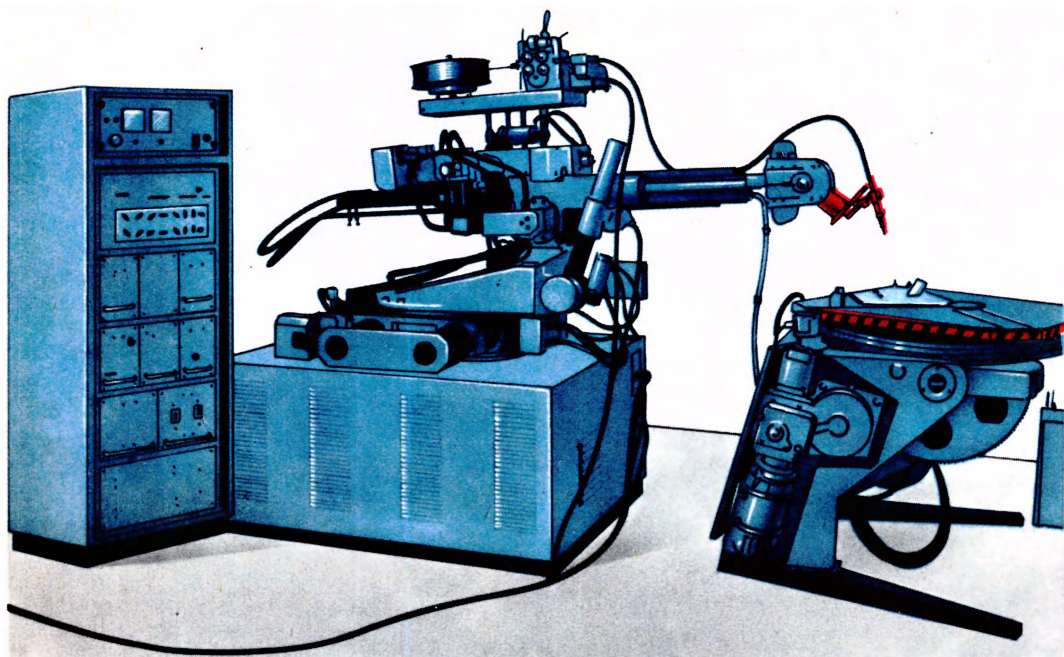
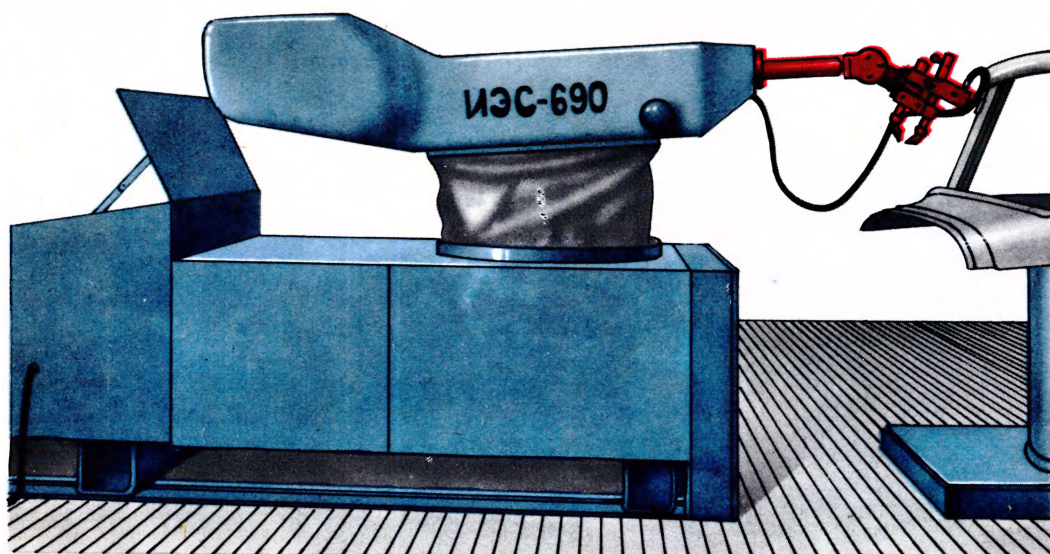


Рис. 9. Промышленный робот «Универсал-15» (СССР).

Рис. 10. Первый отечественный промышленный робот ИЭС-690, созданный для автоматизации контактной точечной сварки.



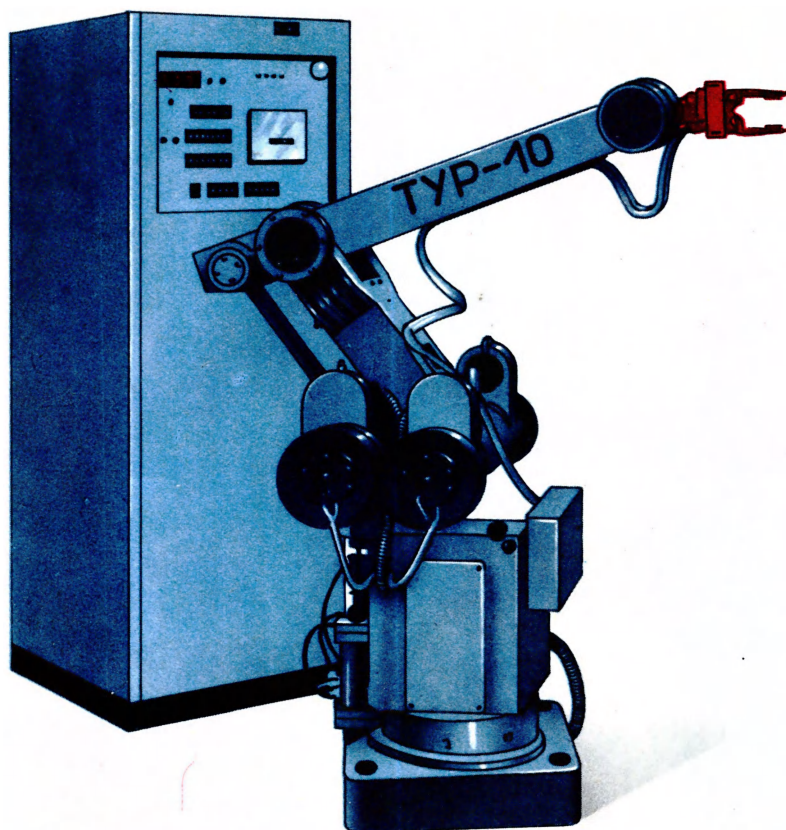


Рис. 11. Промышленный робот рычажной компоновки ТУР-10 (СССР).

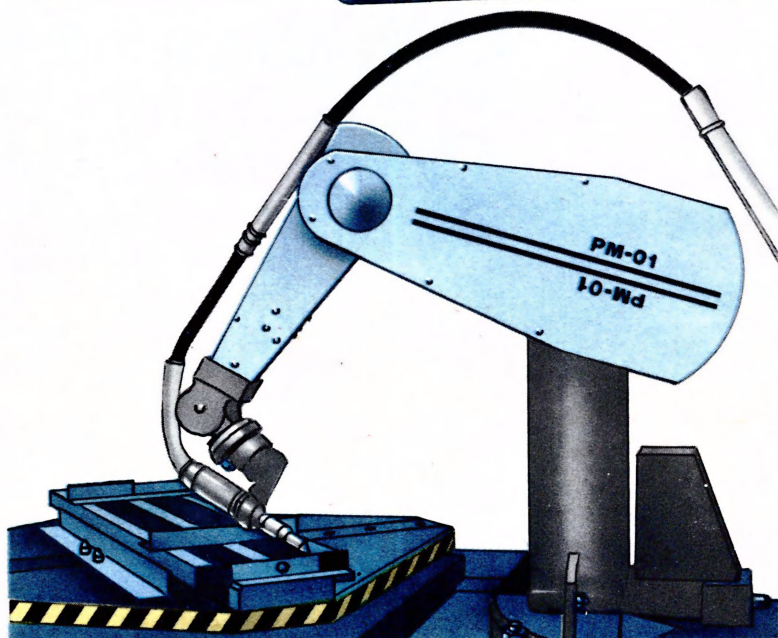
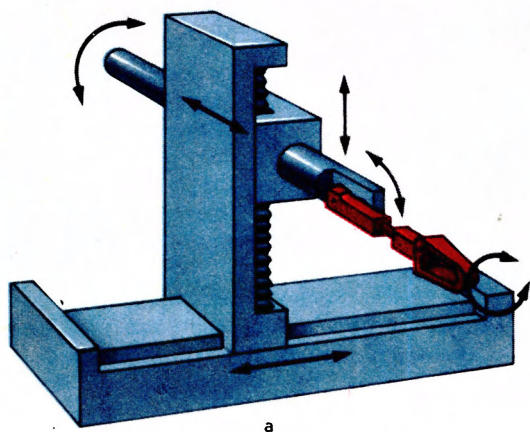


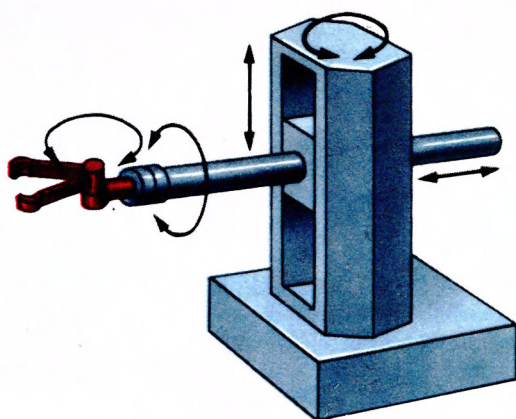
Рис. 12. Промышленный робот РМ-01, выпускаемый совместно СССР и Финляндией.

Рис. 13. Основные компоненты манипуляторов промышленных роботов:

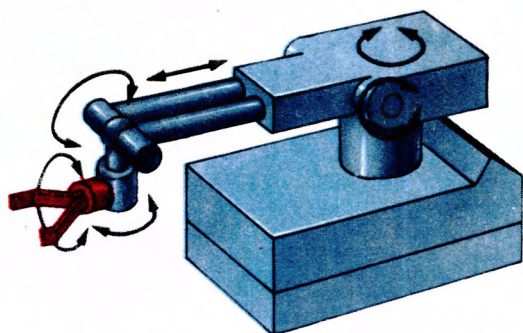
а — прямоугольная; б — цилиндрическая; в — сферическая; г — рычажная; д — рычажная типа РМ-01; е — горизонтально-плечевая типа «Scara».



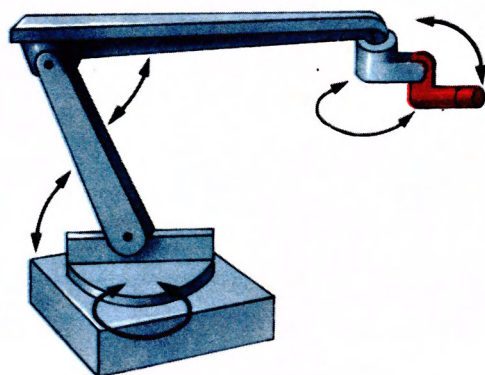
а



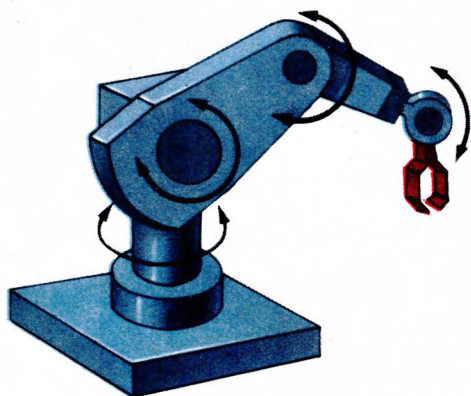
б



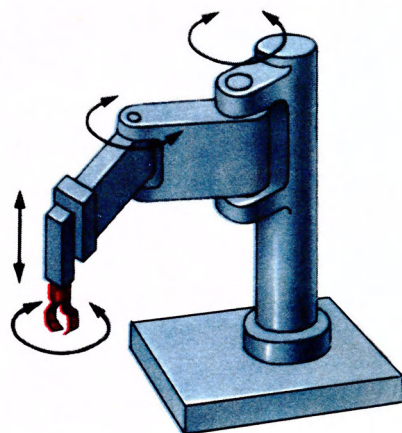
в



г



д



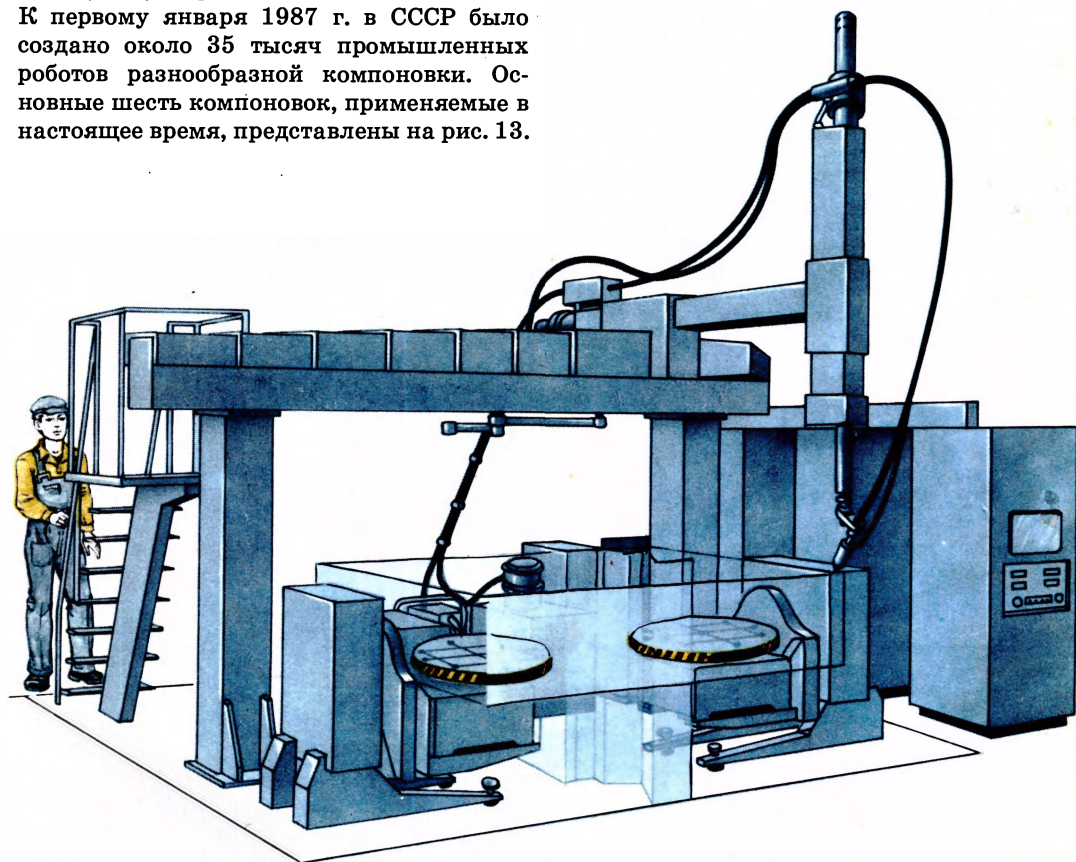
е

С 1975 по 1980 г. усилия разработчиков были направлены в основном на организацию серийного производства промышленных роботов и разработку адаптивных роботов. Эти задачи были успешно решены: на многих промышленных предприятиях установлены и пущены в эксплуатацию отдельные промышленные роботы и целые участки.

С 1980 г. научно-исследовательские и опытно-конструкторские организации, целый ряд заводов и объединений сосредоточили силы на дальнейшем совершенствовании промышленных роботов. Примером может быть робот рычажной компоновки «ТУР-10К» (грузоподъемность 10 кг, электрический привод) (рис. 11), РМ-01 (рис. 12). Помимо этого, была сформулирована и успешно решалась задача создания робототехнических комплексов (РТК) и робототехнических систем. К первому января 1987 г. в СССР было создано около 35 тысяч промышленных роботов разнообразной компоновки. Основные шесть компоновок, применяемые в настоящее время, представлены на рис. 13.

В 1979 г. решением Президиума СЭВ были начаты работы по теме «Создание промышленных роботов для сварочного производства», в рамках которой создавался промышленный робот для дуговой сварки плавлением в среде защитных газов. В этой работе принимали участие СССР и НРБ, а позже присоединились ГДР, ЧССР и СРР. Ведущей страной по этой теме был определен Советский Союз, головной организацией — Институт электросварки им. Е. О. Патона АН УССР, научными руководителями были академик Б. Е. Патон и доктор технических наук, профессор Г. А. Спыну. Впервые в истории роботостроения были объеди-

Рис. 14. Первый промышленный робот «Интерробот-1», созданный странами СЭВ.



нены усилия социалистических стран для создания нового образца промышленного робота. В 1983 г. первый этап этой работы был закончен созданием промышленного робота для дуговой сварки «Интерробот-1» (рис. 14).

Проблема создания и внедрения промышленных роботов во все отрасли народного хозяйства нашей страны развивается и будет успешно развиваться в будущем. Необходимо повысить надежность роботов, снизить их стоимость, организовать ремонт и обслуживание. Основное направление применения промышленных роботов — создание робототехнических комплексов (РТК) и гибких производственных систем (ГПС).

3. ОБЩЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА С РОБОТОМ

В настоящее время еще трудно думать о непринужденной беседе между человеком и роботом, хотя первые исследования проведены и существуют успешные попытки создания таких роботов. Для того чтобы показать проблему общения человека с роботом в полном объеме, необходимо хотя бы вкратце вспомнить особенности взаимодействия человека с роботом.

Программирование роботов может осуществляться методом обучения, аналитическим программированием с помощью специализированных языков и командами, подаваемыми голосом.

МЕТОД ОБУЧЕНИЯ

Метод обучения нашел самое широкое применение в различных конструкциях промышленных роботов и является наиболее распространенным в настоящее время. Суть метода заключается в том, что когда оператор производит необходимые движения руки робота, в память устройства управления записывается соответствующая информация. Затем робот переключается на автоматический режим и начинает воспроизводить всю последовательность движения до тех пор, пока не появляется необходимость замены про-

граммы. Как правило, современные устройства управления промышленными роботами позволяют хранить несколько программ. При необходимости записанную ранее программу можно снова воспроизвести. Этот способ прост и доступен рабочему соответствующей квалификации.

Вместе с тем, процесс обучения связан с появлением субъективной ошибки, возникающей за счет неточного позиционирования инструмента в процессе обучения. Эта ошибка войдет в качестве составляющей в полную ошибку позиционирования, так как промышленный робот может воспроизвести только заданные ему позиции.

Ошибка при обучении робота зависит от возможностей человека. Даже у опытного оператора она может оказаться существенной, если динамические свойства промышленного робота таковы, что оператору тяжело управлять им вручную. Динамика робота в режиме ручного управления должна быть согласована с физиологическими свойствами человека.

В процессе обучения промышленного робота человек, управляющий им вручную, составляет совместно с роботом следящую систему, являясь ее замыкающим звеном. Входным воздействием этой системы служит рассогласование в положении рабочего органа относительно заданной позиции, которое воспринимается оператором.

В большинстве случаев запись программы осуществляется на магнитных носителях программ (магнитной ленте, магнитных барабанах и дисках). Несмотря на кажущуюся простоту этого метода, обучение требует создания специальных блоков в устройстве управления промышленным роботом и соответствующего матобеспечения.

Метод обучения может осуществляться вручную и полуавтоматически.

Ручное обучение может применяться для тех конструкций промышленных роботов, которые имеют так называемый обратимый привод, т. е. такой, при котором движение может быть передано от двига-

теля к руке робота и наоборот, от руки к двигателю или датчику. Иначе говоря, робот с обратимым приводом позволяет перемещать руку сравнительно небольшим усилием оператора. Разумеется, при перемещении руки робота в пространстве вращаются приводные звенья кинематической схемы и датчики обратной связи, установленные на каждой координате манипулятора. Если это требование не будет соблюдаться, то осуществить ручное обучение невозможно. Такой вид обучения, как правило, осуществляется в реальном масштабе времени, хотя остановка носителя программы возможна, и тогда наступает перерыв в обучении на любое время.

Опыт эксплуатации промышленных роботов с ручным обучением показал, что это наиболее простой метод обучения. Однако ему свойственны и некоторые недостатки, в том числе низкая точность позиционирования или ведения по заданной траектории и трудность одновременного управления несколькими технологическими параметрами. Эти недостатки ограничивают возможности ручного обучения. Наибольшее распространение ручное обучение нашло при автоматизации окрасочных операций, так как в этом случае не требуется высокая точность, а технология сводится к включению и выключению распылителя.

Типичными примерами промышленных роботов с ручным обучением могут служить роботы «Тральфа» и «ESAB».

Полуавтоматическое обучение на сегодняшний день — самый распространенный и очень удобный вид программирования. Суть его заключается в том, что оператор, управляя роботом от специального пульта обучения, используя язык, выраженный в символах кнопок, последовательно выводит рабочий орган в нужное положение (точку) и лишь затем, нажимая специальную кнопку, дает сигнал на запись. В этот момент записываются все координаты манипулятора, однозначно определяющие положение рабочего органа робота в пространстве. Затем манипулятор переводится в следующую позицию и т. д. Перевод можно осу-

ществить на любой, как правило, медленной скорости. В нужной точке позиционирования оператор может многократно перемещать манипулятор. Все эти движения не будут записаны и не попадут в программу автоматического цикла, что очень важно. Таким образом, можно получить достаточно хороший и рациональный автоматический режим работы.

При обучении промышленных роботов, рабочий орган которых должен перемещаться по криволинейной пространственной траектории, целесообразно применять принцип обучения, получивший название «от точки к точке». Такая задача часто возникает при использовании роботов для дуговой сварки плавлением.

Одним из недостатков полуавтоматического обучения есть его большая трудоемкость, особенно при записи криволинейных траекторий. Указанное обстоятельство привело к разработке и созданию аналитического метода программирования.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ РОБОТОВ

Метод аналитического программирования роботов осуществляется с помощью специальных языков. Для ввода исходных данных в вычислительную систему или робот разработаны специализированные искусственные языки.

Первый язык программирования роботов был создан в конце 60-х гг. для робота «Юнимейт». Этот язык состоял из последовательности команд с указанием функций каждой. Его реализация осуществлялась с помощью специальных кнопок на пульте обучения. При полуавтоматическом обучении оператор мог задавать различные движения манипулятора, как например «поворот направо», «поворот налево», «вперед», «назад» и т. д. Конечно, этот язык был простейшим и не мог обеспечить управление более сложным роботом.

В роботе типа «глаз—рука», разработанном Стенфордским университетом, для управления манипулятором исполь-

зовался набор подпрограмм, написанных на языке высокого уровня. Программа состояла из последовательных вызовов подпрограмм. Следует отметить, что здесь манипулятор рассматривался как внешнее выходное устройство для системы технического зрения, которое, получив переданную ему информацию, осуществляет требуемые действия.

Эти языки имели ряд недостатков, поэтому в последние годы создано несколько новых языков, к числу которых можно отнести языки *АС*, *АМС*, *Help*, *MCL*, *Pail*, *Val* и др. Однако они не получают широкого применения на производстве из-за присущих им некоторых недостатков, указанных ниже.

Роботы представляют собой изолированные устройства. Необходимо объединить их с системами автоматизации проектных работ (САПР) предприятий, с одной стороны, и с ГПС — с другой.

Обычно каждый из аналитически программируемых роботов снабжается языковым процессором, что очень неэкономично, так как он простаивает вхолостую почти все время работы робота. Этот недостаток свойствен всем роботам с языковым и с речевым вводами.

Существующие языки роботов «непонятны» для другого технологического оборудования. Разработанные языки имеют структуры, не позволяющие работать с понятиями приоритетности событий и прерываниями. Программы, как правило, все еще не имеют возможностей для исключения столкновений, кроме языка *RAPT*.

Программное обеспечение робота не может быть перенесено с одной серии роботов на другую без существенных затрат. Языки программирования роботов становятся настолько сложными, что иногда очень простые операции трудно программируются и это требует от операторов высокой подготовки и навыков.

Кроме того, есть трудности в проверке написанных программ. В настоящее время для этой цели используются графические методы, однако графические системы еще очень дорогие.

Можно сказать, что языки программирования роботов достигнут совершенства, если будут устранены отмеченные недостатки и решены вопросы, связанные с очувствлением роботов.

В 1985 г. на международном уровне были проведены анализ и необходимые обобщения по языкам высокого уровня для аналитического программирования. Были исследованы возможности уже созданных языков и выработаны требования к перспективным разработкам. Язык программирования должен быть удобен для различных роботизированных операций, легко расширяем и приспособлен к новому вычислительному оборудованию, одинаково удобен для пользователей высокой и низкой квалификации. Необходимо, чтобы он имел эффективные средства отладки, средства для взаимодействия с другим производственным оборудованием, обеспечивал легкий перенос языка на другое оборудование. Новый язык должен учитывать тенденцию к очувствлению роботов с помощью широкого спектра различных датчиков и устройств.

РЕЧЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ РОБОТАМИ

Предполагают, что наиболее совершенная форма диалога между человеком и роботом на естественном языке аналогична общению между людьми. В этом случае отпадает необходимость в написании каких-либо символов и текстов, вводе их с помощью клавишей или других технических средств. Таким образом, руки оператора освобождаются, все внимание он может сосредоточить на поведении робота. Использование речевого ввода информации позволяет управлять роботом на расстоянии, что повышает безопасность оператора при неправильных или неожиданных действиях робота.

Преимущество диалога человека с роботом на естественном языке привлекает внимание многих исследователей, и в настоящее время получены первые результаты. Так, в ИК АН УССР создан анализатор речи СРД-1 (Речь-1), оперирующий словарем из 200 слов.

Для осуществления этой мечты ученых на работе должно быть установлено устройство для распознавания речи и так называемый синтезатор речи для ответов робота. Первое устройство необходимо для преобразования речи оператора в необходимый цифровой код, «понятный» устройству управления, второе — для преобразования сигналов, которые необходимо вывести наружу в качестве ответов, и воспроизведения искусственной речи робота. В научном плане эта задача не имеет принципиальных, непреодолимых преград, но в техническом аспекте она порождает серьезные трудности.

На первом этапе исследований и создания экспериментальных образцов были разработаны распознающие устройства, ориентированные на понимание отдельных слов, которые выговаривает определенный оператор. Обычная процедура обучения состоит в том, что оператор нажимает соответствующую клавишу и нормальным голосом называет свое имя и фамилию, затем говорит необходимые слова. Эта процедура нужна для того, чтобы настроить блок распознавания на особенности произношения слов. Программу распознавания подготавливают на универсальной ЭВМ на языке высокого уровня.

При составлении словаря диалога человека с роботом надо исключить слова, близкие по звучанию, нечетко произносимые и т. д. Весь словарь должен состоять из определенного набора слов, которые имеют различный приоритет. Наивысший приоритет имеет слово «стоп». Словарь может включать, например, следующие слова: «кисть», «рука», «назад», «вперед», «вниз», «вверх», «быстрее», «медленнее», «один», «два», «три», «четыре», «пять», «шесть», «семь», «восемь», «де-

вать», «ноль», «схват», «взять», «отпустить» и т. д.

Количество слов в словаре не должно быть большим, слова следует произносить четко и одинаково. Время распознавания пока еще достаточно большое, поэтому надо иметь процессор с большим быстродействием. Обучаемый робот может по мере необходимости отвечать оператору через синтезатор речи примерно такими словами: «да», «нет», «взял», «отпустил», «готов», «не готов» и т. д.

СВЯЗЬ РОБОТОВ МЕЖДУ СОБОЙ

Большой научный интерес представляет задача разработки и создания надежных средств общения роботов между собой.

Существует множество ситуаций, при которых возникает необходимость такого общения. Например, в тех случаях, когда два робота ведут сборку изделия, совершенно необходимо точное взаимодействие между ними для обеспечения правильной последовательности и технологии процесса. В условиях ГАП необходимо обеспечить правильное взаимодействие между транспортными роботами — робокарами и роботами, расположенными непосредственно возле станков и осуществляющими их обслуживание. Можно представить себе ситуацию, когда два или более автономных роботов находятся на поверхности других планет или на отдаленных участках нашей планеты. Успех исследования участка поверхности или выполнения другой задачи может быть обеспечен только в том случае, если между роботами будет осуществляться двухсторонняя связь и надежное взаимодействие.

ГЛАВА 3 АДАПТИВНЫЕ РОБОТЫ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Промышленные роботы или роботы первого поколения отличаются тем, что имеют жесткую программу действий и не могут реагировать на изменения окружающей среды. Эта особенность ограничивает их возможности и несколько сужает область применения. В настоящее время успешно разрабатываются и находят применение более совершенные роботы второго поколения, или как чаще их называют — адаптивные роботы. Этот тип роботов имеет соответствующие датчики внешней информации, более сложную систему управления. Иногда приходится слышать: «Если роботы первого поколения менее совершенны, то следует вместо них применять более совершенные, адаптивные роботы». В большинстве случаев это мнение ошибочное по следующим соображениям.

Во-первых, в большом количестве технологических процессов окружающая робот среда хорошо организована и не меняется. Примером может служить штамповочное производство, где детали, как правило, совершенно одинаковые и условия выполнения процесса во времени не меняются. Применение промышленных роботов для автоматизации таких процессов полностью оправдано и целесообразно.

Во-вторых, адаптивные роботы значительно сложнее промышленных, а следовательно, и дороже. Обслуживание таких роботов требует специалистов высокой квалификации. Из этого следует, что промышленные и адаптивные роботы будут существовать независимо, и каждый тип роботов найдет свою рациональную область применения. Возможно, что по мере совершенствования адаптивных роботов, повышения надежности работы и снижения стоимости, удельный вес их в промышленности будет увеличиваться. Область применения адаптивных роботов более-менее четко очерчена, и проблема их создания и совершенствования сформулирована.

2. ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

В настоящее время понятие «окружающая среда» или «внешняя среда» достаточно установившееся. Под этим понимается природа, воздух, водные бассейны, растительный и животный мир и процессы, происходящие в них. Такое представление об окружающей среде формировалось человеком, его глазами, образом жизни и взглядами в течение многих тысяч лет. Стремительное развитие робототехники вызывает необходимость определения и формирования понятия «внешней среды» для роботов, а она, как это будет показано далее, существенно отличается.

Первая группа внешних воздействий не зависит от робота и определяется условиями его эксплуатации. К таким внешним воздействиям относятся сила тяжести, соответствующие воздушная, жидкая среда или вакуум, условия освещенности, температура окружающей среды и т. д.

Вторая группа факторов, которые действуют на робот, определяется формой, массой и размерами тех материальных тел, которые окружают робота и с которыми он взаимодействует, в том числе заготовки, изделия, инструменты и т. д. Например, груз, переносимый роботом, может иметь разную массу и, следовательно, изменять скорость, ускорение и момент инерции механизмов робота.

Третья группа взаимодействий определяется действиями человека-оператора или группы людей, влияние которых на поведение робота часто бывает решающим.

Отличие окружающей среды человека и робота иллюстрирует яркий пример.

Промышленный робот может работать в полной темноте, ему не страшны высокие уровни шумов, температура, уровень радиоактивного излучения. Человек работать в таких условиях не может, но если для человека высокий уровень радиопомех в эфире неопасен, то робот с электронной системой управления может выйти совсем из строя.

В литературе по робототехнике часто употребляется понятие о детерминированной — хорошо организованной, упорядоченной и недетерминированной — плохо организованной окружающей среде. Под детерминированной понимают такую среду, в которой все окружающие робота предметы неподвижны и положение их во времени не меняется. Кроме того, неизменны параметры внешней среды, как например температура, освещенность, уровень радиации, помех и т. д. Такая внешняя среда или «сцена» может быть однажды описана и модель ее может быть введена в память робота заранее.

Недетерминированная внешняя среда характеризуется непредсказуемыми изменениями во времени параметров, внешней обстановки и расположения предметов. Информация о такой внешней среде должна вводиться в память робота постоянно, иначе он не сможет в ней ориентироваться.

Сказанное выше относится к роботу, который в пространстве неподвижен. Если же робот перемещается, то естественно окружающая среда будет меняться, хотя сама по себе она может быть хорошо упорядоченной. В таком случае необходимо постоянно вводить информацию в память робота.

Возможен такой случай, когда параметры внешней среды и расположение окружающих робота предметов изменяются предсказуемо, т. е. по известным законам. Например, изменение освещенности на планете в зависимости от ее вращения вокруг оси. Такая ситуация требует более глубокого изучения.

Если окружающая среда носит неупорядоченный характер, т. е. не строго организована и меняется во времени, а в контуре управления присутствие человека невозможно либо нежелательно, возникает необходимость в самостоятельной обработке роботом информации об окружающей среде и принятии решения. При этом особая роль отводится задаче оцувствления робота — созданию специализированных датчиков внешней информации и разработке способов ее обработки.

В настоящее время существует большое количество таких датчиков. К ним относятся тактильные (осязания), фотоэлектрические, ультразвуковые, локационные датчики и системы технического зрения. Следует отметить, что последним как наиболее информативным и совершенным отдается предпочтение. Особенно это относится к стереоскопическим телевизионным системам, которые позволяют получить объемное представление.

Общий принцип действия систем технического зрения состоит в том, что с помощью телевизионной камеры, одной или нескольких, передается информация о рабочем пространстве в ЭВМ, которая ее обрабатывает и выдает описание «сцены», попавшей в поле зрения камеры. Это описание сравнивается с имеющейся в памяти ЭВМ математической моделью и используется в дальнейшем для целенаправленного действия исполнительных устройств робота по соответствующей программе.

Однако программа «поведения» адаптивного робота не может быть реализована без знания существующего, действительного в данный момент положения отдельных звеньев манипулятора и всего манипулятора в целом. Например, человек, находящийся в полной темноте, знает положение пальцев рук и ног, хотя их и не видит. Эта информация постоянно передается в мозг. Для получения такой информации адаптивный робот оснащается датчиками внутренней информации. К ним относятся датчики угловых и линейных перемещений, так называемые силомоментные датчики. Применяются многооборотные потенциометры с малыми габаритами и достаточно большой разрешающей способностью, различные индуктивные датчики, вращающиеся трансформаторы, сельсины, счетно-импульсные и кодовые датчики. Таким образом пространственное положение между предыдущим и последующим положением каждого звена манипулятора определяется разностью соответствующих координат.

Имея общую программу «поведения» робота, внешнюю информацию о «сцене»

и внутреннюю информацию о состоянии манипулятора в каждый момент времени, можно получить программу «действий» робота.

3. УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ

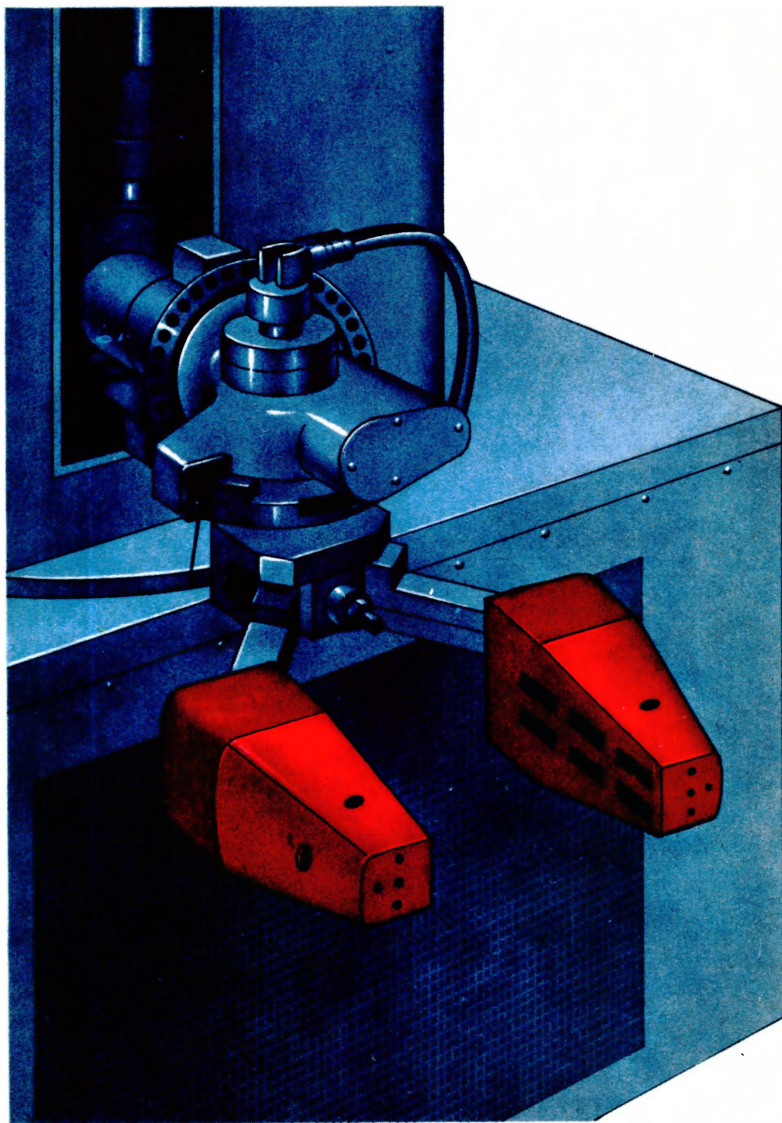
Устройства управления адаптивными роботами могут быть отнесены к классу мини-ЭВМ или к специализированным вычислительным машинам в зависимости от сложности алгоритма управления, быстродействия, объема памяти и т. д. В отдельных случаях необходимо использовать средние ЭВМ со стереотелевизионным датчиком, как например при создании адаптивного робота типа «глаз—рука». Выбору типа ЭВМ должен предшествовать тщательный анализ исходных данных.

Использование серийных ЭВМ для управления адаптивными роботами или их отдельных блоков наиболее целесообразно, потому что применяются отработанные модели и экономится много времени при разработке и создании специальной ЭВМ.

Наибольшее распространение в нашей стране и странах СЭВ получили мини-ЭВМ серии СМ. В минимальный комплекс машины СМ-3 входят процессор с быстродействием порядка 200 тыс. оп/с, оперативное запоминающее устройство емкостью 16 К, внешняя память на магнитных дисках и лентах емкостью в несколько Кбайт и четыре устройства ввода-вывода. Машина СМ-4 комплектуется двумя центральными процессорами и поэтому обладает расширенными возможностями оперативной и внешней памяти.

В отдельных случаях оправдываются разработка и создание устройства управления адаптивным роботом специального типа. Примером может служить устройство УКМ-772, созданное НПО ЛЭМЗ для дуговой сварки плавлением. Это устройство имеет встроенную микро-ЭВМ «Электроника-60» и большое количество каналов ввода и вывода внешней информации. Благодаря наличию микро-ЭВМ устройство может управлять адаптивным роботом по сложной программе, вклю-

*Рис. 15. Общий вид
осязательного за-
хватного устройства.*



чающей разработку математического (программного) обеспечения адаптивного робота — центральную, наиболее сложную задачу.

Разработке матобеспечения адаптивных роботов должны предшествовать формулирование параметров окружающей среды, разработка адекватной математической модели управляемого процесса, выбор из числа существующих или разработка нового проблемно ориентиро-

ванного языка для описания процесса и ввода исходных данных, выбор математического аппарата и, в частности, формулирования задачи оптимизации по выбранным критериям качества. Выполнение всех этих этапов требует специалистов высокой квалификации.

Нами приведены общие положения совершенных адаптивных роботов с искусственным зрением и упрощенная схема их функционирования. Существует

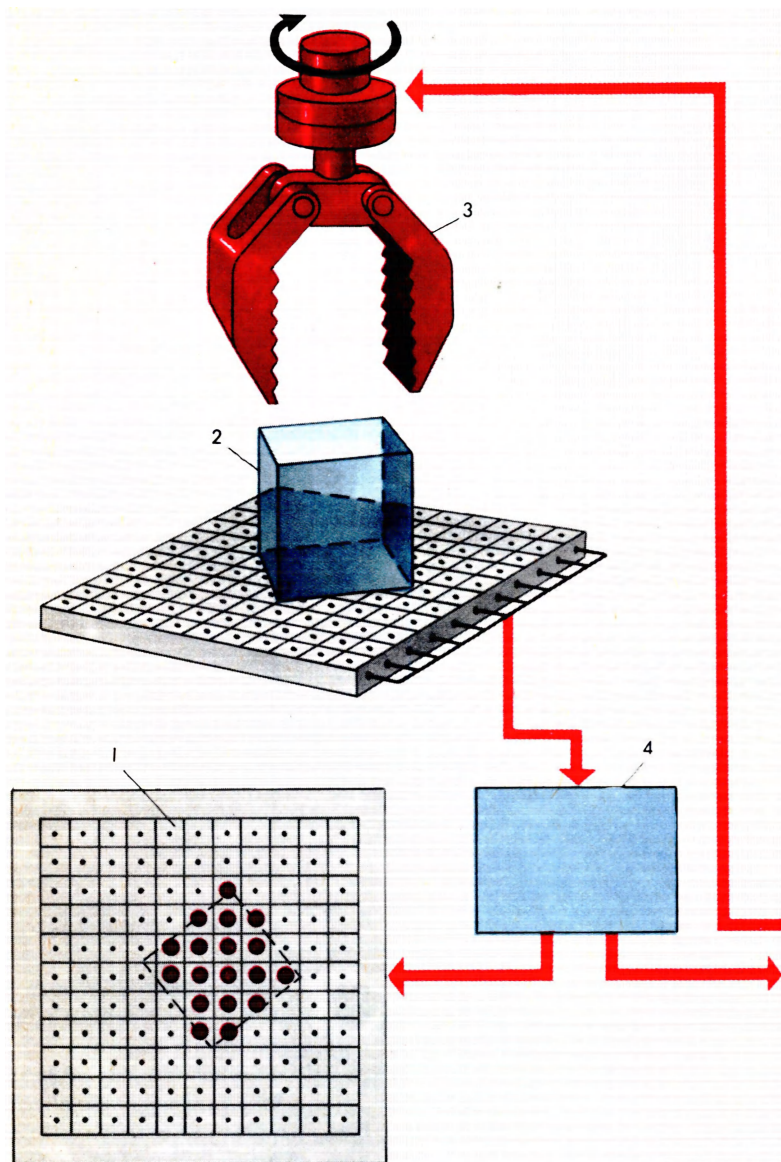


Рис. 16. Очувствленное дискретное поле адаптивного робота:

1 — очувствленное дискретное поле; 2 — изделие; 3 — схват адаптивного робота; 4 — блок управления.

большое количество различных решений и конструкций, которые относятся к адаптивным роботам, но не имеют искусственного зрения.

Примером может служить специальное захватное устройство, оснащенное тактильными датчиками, созданными на основе микропереключателей (рис. 15). На наружных сторонах его губок установ-

лены шесть датчиков, фиксирующих соприкосновение с объектом, на внутренних — установлены датчики давления, определяющие усилие удержания предмета. Два фотодиода обеспечивают локацию объекта и наведение на него захватного устройства, позволяющего осуществлять поиск, некоторое опознавание объекта и его удержание.

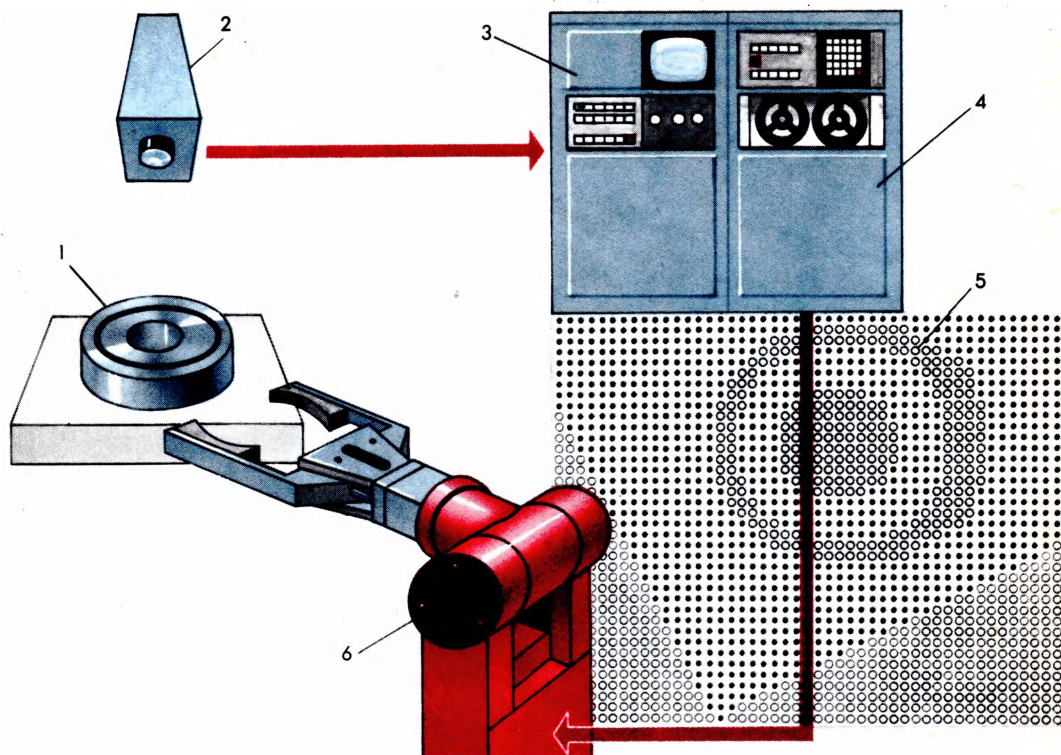


Рис. 17. Упрощенная схема адаптивного робота с телевизионной системой технического зрения:

1 — изделие; 2 — телевизионная камера; 3 — ЭВМ; 4 — устройство управления роботом; 5 — схема изображения в памяти ЭВМ; 6 — манипулятор робота с захватным устройством.

Изящное решение внешнего устройства, позволяющего «видеть» двухмерное изображение предмета, основано на применении специального дискретного поля или, иначе говоря, матрицы (рис. 16). Последняя установлена в зоне действия робота и выполняет роль сетчатки искусственного глаза. Использование в качестве чувствительных элементов электроконтактных, фотоэлектрических, пневматических и электромагнитных датчиков

позволяет «видеть» поверхность объекта, которая соприкасается с чувствительным полем.

Точность изображения объекта будет зависеть от количества чувствительных элементов. Информация о включенных элементах передается в устройство управления, обрабатывается и на рабочий орган робота подается команда управления с учетом истинного положения объекта. Если чувствительные элементы будут бесконтактные, например фотоэлементы, то можно создать трехмерное осязательное устройство и получить объемное изображение. На рис. 17 представлена укрупненная схема адаптивного робота с телевизионной камерой.

ГЛАВА 4 ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

1. ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Создание искусственного интеллекта относится к числу наиболее сложных проблем нашего времени, по которой велись и ведутся многочисленные дискуссии, широкая полемика в специальной и научно-популярной литературе.

Термин «искусственный интеллект» или «искусственный разум» все чаще и чаще мелькает на страницах научно-популярных журналов и специальных монографий. Что же заставляет авторов и издательства публиковать книги с одинаковым названием? Только ли то, что само это название звучит для широких кругов читателей так загадочно и притягательно? Конечно, нет. Проблема создания искусственного интеллекта является сейчас «горячей точкой» переднего края науки. В этой точке, как в фокусе, сконцентрированы максимальные усилия кибернетиков, математиков, психологов, лингвистов и инженеров. Именно в этой «горячей точке» решаются многие принципиальные вопросы, связанные с путями развития научной мысли, влиянием и воздействием достижений в области вычислительной техники, вычислительной математики и робототехники на жизнь будущих поколений людей. Сейчас трудно предсказать, как повлияет на развитие общества, да и на весь прогресс человечества, решение проблемы искусственного интеллекта, но с уверенностью можно сказать, что влияние этой проблемы в будущем легче недооценить, чем переоценить. Первые исследования были выполнены математиками в области автоматизации интеллектуальной деятельности человека при доказательстве теорем и решении игровых задач. Вскоре была понята необходимость более широкой постановки задач, привлечены эвристические приемы и методы, которые применяются и по настоящее время. Однако в проведенных разработках сохранилась тенденция воспроизведения функций с хорошо выраженной логической структурой. Создано достаточно большое количество программ для решения формально-логических

ного класса. Вместе с тем воспроизведение менее формальных аспектов человеческой деятельности по-прежнему вызывает серьезные затруднения. Прежде всего это касается обычных, простых на первый взгляд форм поведения. Однако структура решения таких простых задач на самом деле весьма сложна. Можно сказать, что мыслительные процессы, ответственные за решение таких задач, составляют неотъемлемую часть процессов, организующих любое, действительно сложное поведение человека.

Уместно попытаться ответить на главный вопрос — какова глобальная цель исследований в области создания искусственного интеллекта? Наряду с естественным стремлением человека узнать, как устроен мозг и как происходит сам процесс мышления, существует еще одна наиболее важная задача, носящая практический, прикладной характер.

Ставится задача создания искусственных систем, способных выполнять не хуже, а возможно и лучше человека ту работу, которую люди относят к сфере интеллектуального труда. Эта проблема развивается необычно быстрыми темпами и характеризуется высоким динамизмом изменения понятий и представлений. Если бы несколько десятилетий назад ученый выступил с предложением создать машину, которая может играть в шахматы, то его, наверное, засмеяли и сочли несерьезным человеком. А в настоящее время это пройденный этап. Правда, еще не создана программа ЭВМ, которая могла бы выйти на уровень чемпионата мира, но по мнению автора эта задача отнюдь не безнадежная и вопрос только во времени.

Развитие вычислительной техники и математики позволило автоматизировать сложнейшие расчеты, причем они выполняются в таком объеме и с такой скоростью, которые совершенно недоступны человеку. Эти примеры иллюстрируют следующую мысль: то, что сегодня нам кажется невозможным и относится к области смелых прогнозов, завтра может стать реальностью и войдет в нашу жизнь.

В чисто научном плане результатом развития идей создания искусственного интеллекта роботов явится принципиально новое техническое устройство, которое, обладая двухсторонним активным взаимодействием с окружающей средой, может получить на определенном этапе своего развития способность к самоусовершенствованию и вступит в эволюционный процесс, темпы которого могут быть выше, чем темпы эволюции естественной живой природы. Границы такого процесса пока очертить трудно. Следует полагать, что подобное определение будет меняться со временем точно так же, как изменяется наше представление о «думающей» машине по мере развития науки и техники, поскольку проблема искусственного интеллекта по существу беспредельна.

Одним из наиболее распространенных способов реализации искусственного интеллекта является его представление в виде программ для ЭВМ. Широкое использование этого способа определяется тем, что в качестве технического средства реализации сложных информационных моделей ЭВМ обладает рядом ценных свойств, в частности алгоритмической универсальностью. Перспектива использования ЭВМ для создания искусственного интеллекта связана в первую очередь с дальнейшим совершенствованием конструктивно-элементной базы и математического обеспечения.

Согласно существующим представлениям мозг человека — система, воспринимающая, хранящая и перерабатывающая информацию. В качестве информационной системы мозг человека может быть описан путем перечисления реализуемых им программ. Понятие программ является весьма общим и применимо для описания любой сложной системы. Основной задачей искусственного интеллекта является создание таких технических систем, программы которых частично или полностью совпадали бы с программой мозга.

Операции, выполняемые техническим устройством, должны обеспечить тот же результат, который получается у человека. При этом операции, выполняемые

человеком и машиной, могут быть различными как по организации, так и по характеру отдельных операций, потребуется лишь функциональная эквивалентность поведения человека и машины, т. е. совпадение конечных результатов поведения в обоих рассматриваемых случаях. Естественно, что функциональная эквивалентность поведения человека и, например, работа с искусственным интеллектом, может быть достигнута только в определенных рамках. Конкретные условия и ограничения зависят прежде всего от объема и степени сложности решаемых задач.

При рассмотрении круга задач, которые могут выполнять роботы с искусственным интеллектом, возникает вопрос: что могут и чего не могут делать такие роботы? Можно сказать, что это центральный вопрос теории искусственного интеллекта и робототехники. Одновременно возникает смежный и не менее важный вопрос о правомерности понятия «искусственный интеллект».

Термин «искусственный интеллект» общепринят в специальной отечественной и зарубежной литературе. Можно привести в качестве примера известную монографию Э. Ханта «Искусственный интеллект» (М., «Мир», 1976 г.) и последнюю серию книг «Робототехника и гибкие автоматизированные производства» под редакцией члена-корреспондента АН СССР И. М. Макарова (М., «Высшая школа», 1986 г.). В шестой книге серии (I-я глава) сказано: «Искусственный интеллект в робототехнике...». Вроде бы все правильно. И все же в последние годы в ряде опубликованных работ высказываются сомнения в точности, правомерности и адекватности этого термина. В первую очередь это относится к психологам и физиологам. Некоторые сомнения звучат в работах академика Г. С. Поспелова и академика АН УССР Н. М. Амосова. Дискуссия по данному вопросу продолжается. Строгое доказательство адекватности этого понятия еще не найдено, чья точка зрения наиболее близка к истине — обсуждается. Это связано с тем, что еще

неясен полностью механизм работы мозга, и, кроме того, при описании функций и алгоритмов работы искусственного интеллекта возникают большие теоретические трудности.

По-видимому, в процессе дальнейшего развития этой проблемы понимание возможностей и границ применения искусственного интеллекта будет совершенствоваться и уточняться.

Как уже было сказано, уровень интеллектуальности искусственного разума может быть в первом приближении оценен путем сравнения с функциями мозга человека. Такой подход позволяет ввести конструктивные определения и приблизиться к качественной оценке. С этой целью ниже сформулированы основные программы переработки информации, которые характеризуют человеческий мозг как информационную систему, и проведено некоторое сравнение, глядя с позиций робототехники.

Восприятие внешней информации. Эта программа позволяет человеку воспринимать внешнюю информацию с помощью органов зрения, слуха, обоняния, тактильных ощущений и т. д. Информация, полученная этими органами, поступает в мозг человека и там перерабатывается. Подавляющий объем информации воспринимается человеком с помощью зрения.

Восприятие внешней информации техническими системами осуществляется с помощью различных датчиков, в том числе систем искусственного зрения, как наиболее совершенного канала. Существующие в настоящее время датчики внешней информации позволяют измерить информацию, получение которой человеком непосредственно невозможно.

В качестве примера можно привести датчики α , β и γ радиоактивного излучения, датчики ультразвука, инфразвука и т. д.

Воспроизведение речи. Эти функции осуществляются с помощью голосовых связок по командам мозга. Механизм воспроизведения речи позволяет человеку вести диалог с себе подобными на одном из обычных естественных языков.

Воспроизведение речи в технических системах только в последнее время получило реальное решение с помощью синтезатора речи. Конечно, простое воспроизведение речи с помощью магнитной записи существует очень давно, но это совершенно другой путь. Можно предполагать, что синтезаторы речи получат в ближайшее время большое распространение.

Программа сознания. В этой сложной программе можно выделить несколько уровней: выбор наиболее важных положений и массивов информации — внимание; определение окружающих предметов, их взаимного расположения и тенденции поведения; представление о собственном «я» и «не я»; способность концентрировать внимание и управлять своим поведением — воля; воображение и способность различать реальное и нереальное, определение пространственных, временных и причинных следственных отношений системы и объектов внешнего мира.

Программа сознания находится сейчас на начальном этапе исследования и создания. Предстоит большая, трудная, но не безнадежная работа.

Эмоциональная оценка информации. Наличие такой программы позволяет человеку выработать собственные критерии оценки к внешнему миру, необходимые для организации целесообразного поведения в сложных средах.

Эмоциональная оценка полученной информации для технических систем пока недоступна.

Организация действий. Эта программа направлена на изменение пространственного положения человека (робота) в окружающей среде или на изменение самой среды. Воспроизведение этой программы необходимо для активного взаимодействия человека (робота) с окружающей средой.

Организация действий для искусственного интеллекта решается достаточно успешно. Обычная даже очень совершенная ЭВМ не обладает такими возможностями: она не имеет органов, с помощью которых можно было бы осуществить кон-

кретные действия в пространстве и времени. Зато такими органами обладают адаптивные роботы и роботы с искусственным интеллектом. Они могут выполнять конкретные, целенаправленные действия и перемещаться в пространстве. Таким образом, в этом направлении достигнуты значительные успехи.

Творчество. Создание новой информации и новых представлений — наиболее трудная задача для понимания особенности человеческого мозга. Принципиальное отличие искусственного интеллекта от естественного, человеческого, заключается в том, что первый имитирует естественный интеллект только в части решения определенного типа функций и иногда творческих (на относительно низком уровне) задач, в то время как естественный интеллект даже у среднего человека значительно универсальнее, многограннее и включает такие аспекты, как социальная обусловленность, творчество в широком плане, эмоциональная оценка событий и т. д.

Творчество — это область, вызывающая острые дискуссии и пока, по-видимому, малодоступная искусственному интеллекту.

Проведенное сравнение по внешним признакам не претендует на глубокий анализ и обобщение, но позволяет лучше, четче понять разницу между естественным и искусственным интеллектом и нащупать те особенности и задачи, которые могут быть очень полезны в проблеме создания роботов третьего поколения.

Представляет большой интерес концепция об искусственном интеллекте выдающегося ученого академика В. М. Глушкова. В своей книге «Основы безбумажной информатики» (М., Наука, 1982 г.) в разделе «Искусственный интеллект» он писал: «Ввиду трудностей прямого (структурного) моделирования, при построении искусственного интеллекта на практике обычно пользуются совершенно иным подходом, который естественно называют феноменологическим (функциональным). Сущность его состоит в том, чтобы строить и воспроизводить на универсальных

ЭВМ различные алгоритмы, определяющие те или иные функции человеческого интеллекта».

В. М. Глушков писал, что среди таких функций особый интерес представляют собой задачи классификации, распознавания образов (прежде всего зрительных и слуховых), обучения (накопления знаний), способность вести разговор на естественных языках, способность к целенаправленным действиям.

В указанной книге изложены интересные соображения о двух возможных постановках задачи создания искусственного интеллекта — узкой и широкой. В узкой постановке задача создания искусственного интеллекта отделяется от задачи моделирования человеческих чувств. Принято считать, что эта задача будет решена, когда удастся создать систему программ и соответствующее информационное обеспечение для ЭВМ, которое позволит ей тем или иным способом вести осмысленный диалог с человеком на естественном языке (с помощью пишущей машинки, дисплея и т. д.).

В этом направлении уже получены хорошие результаты, созданы программы, позволяющие эффективно решать ряд задач практического и теоретического характера. В первую очередь это касается вычислительных задач, которые решаются зачастую на уровне, не доступном человеческому интеллекту. Ясно, что вообще не было бы никакого смысла создавать ЭВМ, если бы они могли выполнять работу лишь на уровне рядового интеллекта.

Вторая, более сложная и широкая постановка задачи создания искусственного интеллекта требует моделирования не только собственно интеллектуальной деятельности, но и органов чувства, т. е. зрения, слуха, речи и двигательных функций человеческой руки. Эта задача заключается сегодня в практическом создании интеллектуальных роботов.

Очевидная необходимость на отдельных направлениях автоматизации интеллектуальной деятельности намного превосходит рядовые возможности человека, часто рождает максимализм в требова-

ниях к искусственному интеллекту. Задача превзойти в искусственном интеллекте наивысшие достижения человеческого интеллекта на всех направлениях или хотя бы сравняться с ними, разумеется, несравненно сложнее моделирования рядового человеческого интеллекта. «Не исключено, что необходимость решения подобной задачи в полном объеме практически никогда не возникнет», — считает В. М. Глушков.

2. ПРОБЛЕМА ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

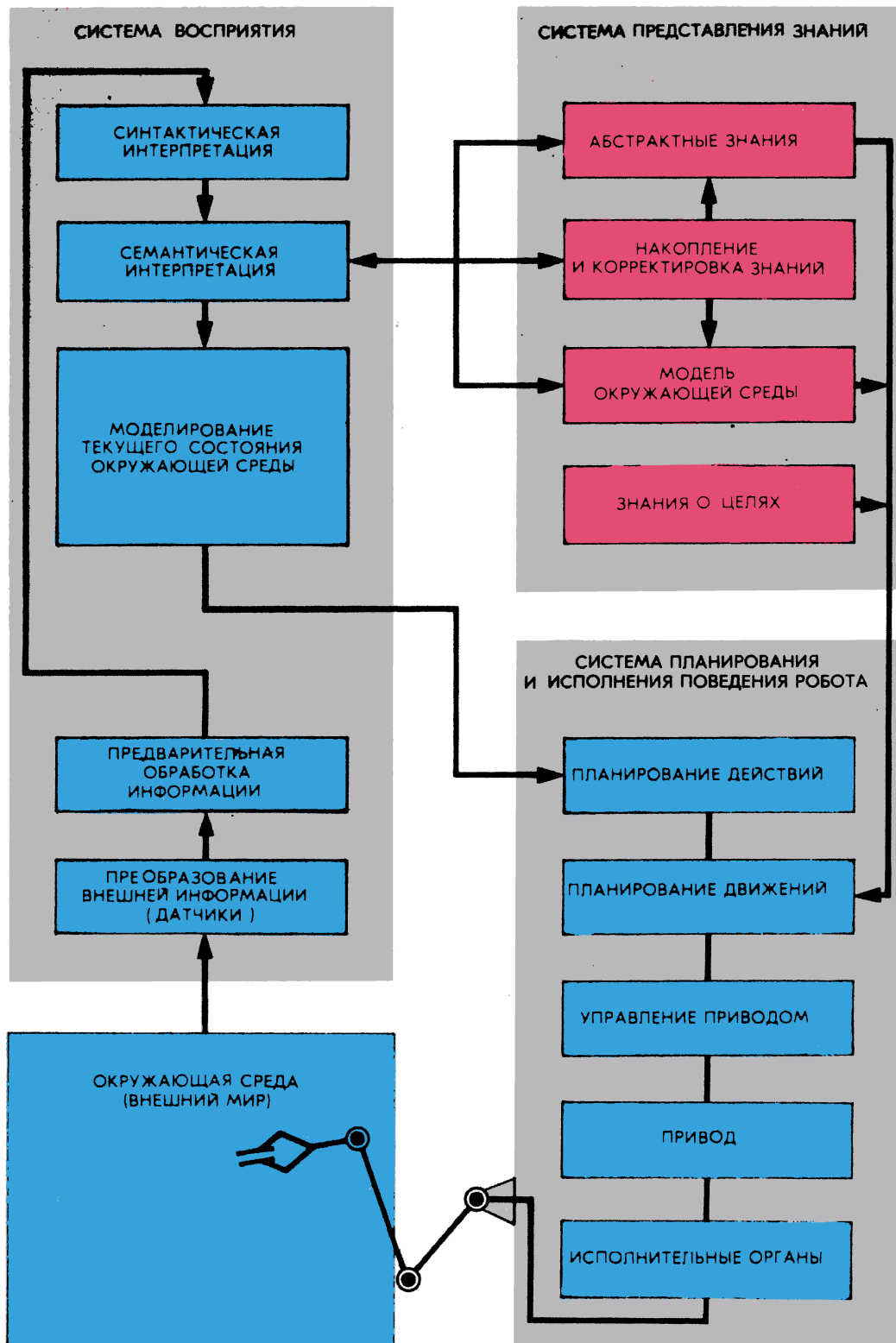
Если ограничиться сферой промышленного производства, то можно выделить две основные области применения идей и методов искусственного интеллекта: робототехнические системы и организационно-экономические, проектно-конструкторские системы.

Исследования по проблеме создания искусственного интеллекта применительно к робототехнике ведутся в следующих основных направлениях.

Восприятие внешней информации. Распознавание образов. Это комплекс исследований по восприятию зрительной, слуховой, тактильной и других видов информации, методов ее обработки и хранения. Иногда сюда включают формирование ответных реакций на воздействие внешней среды и адаптацию.

Общение человека с ЭВМ. Алгоритмы и языки. К данному направлению относится задача разработки специальных языков, позволяющих эффективно взаимодействовать человеку с ЭВМ. Как уже было сказано ранее, ведутся исследования по созданию методов и технических средств для общения человека с ЭВМ на естественном языке.

Планирование целесообразности поведения. Программа действий. Это комплекс исследований по разработке методов формирования целей и решения задач планирования поведения автоматического устройства, функционирующего в условиях сложной окружающей среды.



Представление и преобразование знаний. Это один из центральных вопросов искусственного интеллекта. К данному направлению относится создание специальных моделей хранимой информации и языков представления их в ЭВМ, а также программных и аппаратных средств преобразования этой информации. Представление знаний в равной степени касается систем восприятия внешней информации, общения человека с ЭВМ и систем планирования целесообразного поведения.

Основной задачей робота с искусственным интеллектом является целенаправленное поведение в сложной, плохо организованной внешней среде. С помощью искусственного интеллекта такое поведение робота можно организовать путем преобразования знаний о текущем состоянии окружающей среды, полученных с помощью датчиков внешней информации (сенсорных систем), в последовательность действий, направленных на достижение поставленной цели. Преобразование должно опираться на предварительное знание окружающей среды и методов преобразования этой информации. Важная особенность робота с искусственным интеллектом заключается в том, что сбор и преобразование информации должны протекать в реальном масштабе времени, иначе робот будет просто «отставать» от изменения окружающей среды. Уместно отметить, что это условие предъявляет большие требования к быстродействию ЭВМ.

Обобщенная функциональная структура робота с искусственным интеллектом изображена на рис. 18. В ней указано три основные системы: восприятия внешней информации, представления знаний, планирования и исполнения действий.

Система восприятия внешней информации осуществляет связь искусственного интеллекта с внешним миром. Конечной целью этой системы является построение модели текущего состояния окружа-

ющего мира. Первичными источниками информации о внешнем мире являются датчики различного типа: приемники визуальной и звуковой информации, тактильные, локационные и др. Сужая границы рассмотрения этого направления, можно подробнее ознакомиться с проблемой распознавания образов.

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ

Проблема распознавания образов является одной из центральных проблем в создании искусственного интеллекта. Следует отметить, что она весьма многогранна и многовариантна. Человек в состоянии узнать свое имя, произносимое разными людьми, различными голосами. Когда врач ставит диагноз, он должен определить, принадлежит ли этот пациент к классу пациентов, которым показано лечение препаратом X. Оператор радара должен решить, является ли изображение на дисплее целью или это фоновые шумы и помехи. Примеров такого типа можно привести множество, так как понятие распознавания образов весьма широко.

Автор не ставит задачу изложения проблемы распознавания образов в широком плане. Он сосредоточивает внимание на более узкой задаче — распознавании зрительной информации, ибо этот аспект в первую очередь интересен при создании роботов с искусственным интеллектом.

Распознавание зрительной информации роботами имеет важное значение, так как возможность восприятия и переработки большого объема информации в неорганизованной внешней среде в значительной степени определяет автономность робота. Чем больше информации о внешней среде может получить робот, чем лучше она будет обработана, тем выше будет уровень интеллекта робота. Сказанное выше можно подтвердить тем, что человек около 85 % необходимой информации о внешней среде получает именно по визуальному каналу. Поэтому важной задачей является выбор рациональной структуры системы технического

Рис. 18. Структурная схема робота с искусственным интеллектом.

зрения, определение ее основных параметров, а также создание самонастраивающихся систем, обладающих свойством адаптации к изменяющимся характеристикам внешней среды.

В общем виде последовательность действий системы технического зрения робота сводится к следующим операциям: поиск объектов окружающей среды путем изменения ориентации «глаза» робота; измерение дальности до объекта наблюдения одним из существующих методов или по данным автоматической фокусировки; автоматическая подстройка чувствительности видеодатчика в соответствии с освещенностью объекта, выделение контуров, цвета, текстуры и других признаков изображений объектов и их анализ; распознавание объектов.

Эти операции можно выполнять с помощью различных функциональных блоков, связанных с ЭВМ.

Можно выделить три уровня организации системы визуальной информации.

Во-первых, в простейшем случае описание «сцены» может быть таким: «в поле зрения нет объекта» или «в поле зрения есть объект».

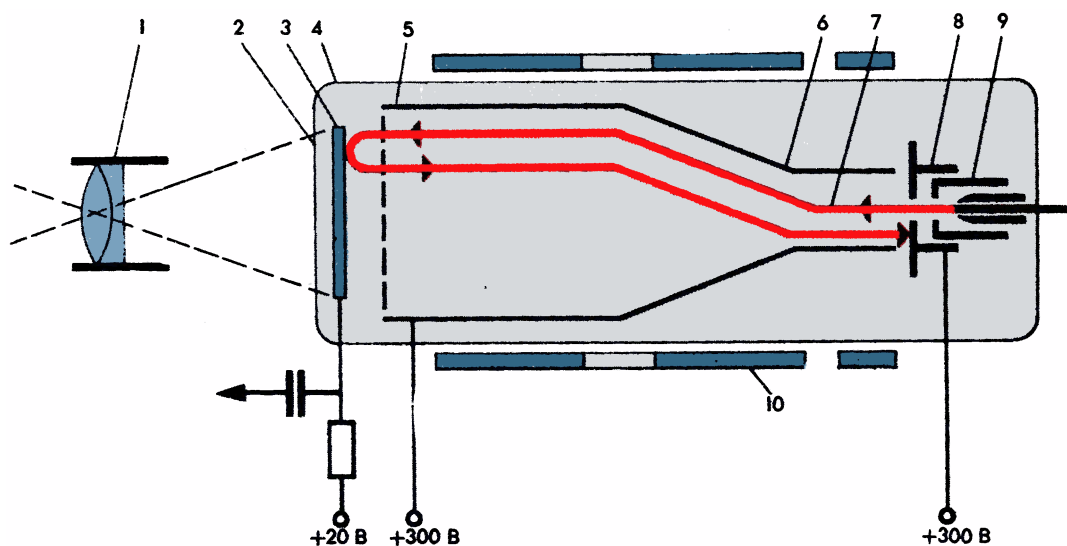
Во-вторых, описание «сцены» позволяет выделять из совокупности объектов в поле зрения камеры представителей требуемого класса: «В поле зрения камеры есть объект данного класса». При такой постановке задачи робот должен уметь различать признаки объектов и классифицировать объекты по этим признакам. Для успешного взаимодействия робота, снабженного системой технического зрения, с окружающей средой необходимо решать задачу идентификации изображения — приписывание каждому объекту «имени» из набора «имен», описание которых хранится в памяти ЭВМ. Таким образом, необходимо иметь способ описания прототипа и сравнить это описание с полученным в процессе анализа «сцены». В результате принимается решение о наличии или отсутствии в поле зрения того или иного объекта. Выполнение программы анализа зрительной информации заканчивается идентификацией

объектов «сцены» и выяснением их пространственного расположения.

В-третьих, роботы с высоким интеллектуальным уровнем обладают способностью не только распознавать и выделять из совокупности объект с определенными признаками, но и получать информацию о взаимном расположении объектов, попавших в поле зрения камеры. Для таких «сцен» описание может выглядеть следующим образом: «в поле зрения есть объекты типа пирамиды, шара, цилиндра, причем цилиндр располагается за шаром и лежит на горизонтальной поверхности». Описание может быть детализировано дополнительными характеристиками. Необходимо отметить, что все изображение, характеризующееся перепадами яркости, переводится в цифровую, дискретную форму.

В качестве датчиков зрительной информации, иначе говоря, «глаз» второго и третьего поколения роботов применяются системы технического зрения. Главная задача таких датчиков заключается в преобразовании изображения в электрические сигналы. В этом отношении они работают примерно так, как работает глаз человека: изображение, полученное от хрусталика, проектируется на сетчатку, а затем преобразовывается в серию сигналов и по зрительному нерву поступает в глаз.

Все существующие датчики могут быть разделены на три группы: передающие телевизионные трубки, твердотельные фотоэлектрические преобразователи, устройства с бегущим лучом. С точки зрения робототехники интерес представляют первые две группы. Передающие телевизионные трубки — наиболее распространенная группа преобразователей изображения в электрический сигнал. Это специальные электровакуумные приборы, в которых развертка осуществляется электронным лучом. Как правило, они работают по принципу накопления световой энергии в виде электрических зарядов на мишени трубки. В настоящее время разработано несколько типов таких приборов, отличающихся конструкцией и неко-



торыми характеристиками. Наиболее характерными для этой группы приборов являются видеконы.

Видикон — передающая трубка с мишенью — фотосопротивлением, в качестве которого применяется сурьма и другие материалы. Упрощенная схема трубки показана на рис. 19. Изображение с помощью объектива 1 проектируется на внутреннюю поверхность колбы 4, на которой расположена полупрозрачная сигнальная пластина 2, покрытая слоем фотосопротивления. Как правило, на современных видеконах устанавливается светосильная оптика с переменным фокусным расстоянием. За оптикой в трубке находится мишень 3. За мишенью располагается сетка 5, соединенная со вторым анодом 6 и предназначенная для создания однородного электрического поля в районе мишени. Фотоэлектроны, выбитые с полупрозрачной поверхности под действием света, образуют электронное изображение, которое под влиянием электрических и магнитных полей переносится на мишень со стороны сетки. Коммутация потенциального рельефа изображения производится электронным лучом 7 с медленными электронами, который формируется электронным прожектором 9 с анодом 8, имеющим малое отверстие

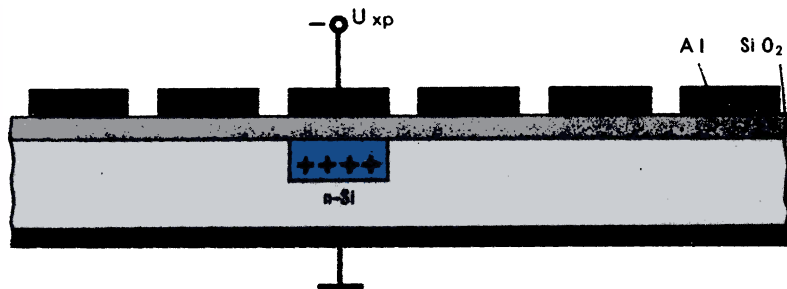
Рис. 19. Видикон:

1 — объектив; 2 — полупрозрачная сигнальная пластина; 3 — мишень; 4 — стеклянная колба; 5 — сетка; 6 — второй анод; 7 — электронный луч; 8 — анод; 9 — электронный прожектор; 10 — катушка, управляющая электронным лучом.

для ограничения сечения пучка. Продольное однородное магнитное поле для переноса изображения и фокусирования коммутирующего луча образуется длинной катушкой. На тонкой части горловины трубки расположены отклоняющие катушки, создающие поперечные магнитные поля в направлении строчной и кадровой развертки, и специальные корректирующие катушки. Таким образом, изображение, проектируемое на полупрозрачный слой, преобразуется сканирующим лучом в последовательность электрических сигналов во времени, которые подаются для дальнейшей обработки. Характеристики видеконов зависят, главным образом, от размеров мишени и могут изменяться от разрешающей способности 600 до 200—300 линий. Известны видеконы с разрешающей способностью до 6000 линий.

Простота конструкции, малые габариты, относительно невысокая стоимость в сочетании с высокой чувствительностью определили широкое применение таких

Рис. 20. Структура твердотельной светочувствительной матрицы.



трубок в специализированных телевизионных системах. Разработаны видиконы с электростатическими системами, позволяющие существенно уменьшить массу прибора, правда, за счет некоторого ухудшения разрешающей способности.

В последние годы были созданы фотоэлектрические твердотельные преобразователи, имеющие ряд преимуществ перед видиконами: малые габариты, высокие надежность и экономичность, широкий динамический диапазон, малую инерционность. В преобразователях такого типа отсутствует электронный луч, следовательно, нет вакуумной трубки и относительно сложной системы развертки луча. В настоящее время твердотельные датчики изображения создаются на основе кремниевых фотоматриц и приборов с так называемой зарядовой связью. Уже созданы камеры с твердотельными преобразователями, по своим характеристикам приближающиеся к требованиям вещательного стандарта.

Структура такого преобразователя представлена на рис. 20. На кремниевой подложке *n*- или *p*-типа создается тонкий слой 0,1—0,2 мкм окиси кремния, над которым располагаются металлические (алюминиевые) электроды, образуя своеобразную мозаичную структуру. Воздействие света на поверхность твердотельного преобразователя приводит к образованию так называемых электронно-дырочных пар. Неосновные носители (дырки) локализируются под электродами в обедненной области. Величина локализованного заряда пропорциональна количеству фотогенерированных пар и времени

накопления. При считывании информации заряды один за другим перемещаются к выходному электроду, в результате чего на выходе датчика образуется последовательность импульсов, огибающая которых является видеосигналом.

Важнейшей особенностью датчиков такого типа является самосканирование, т. е. передача информации к выходу непосредственно за счет зарядовой связи. Основной недостаток таких датчиков — большая поражаемость устройства (выход из строя одного элемента приводит к выпадению целой строки или части матрицы).

Для устранения этого недостатка создаются новые типы датчиков с использованием принципа координатной адресации или, как их называют, матрицы с инжекцией заряда. В настоящее время выпускаются серийно твердотельные фотодиодные преобразователи типа «Коллекция-5», имеющие разрешающую способность 144×256 элементарных ячеек. Размер фоточувствительной поверхности составляет $4,32 \times 5,88$ мм. Общий размер матрицы несколько больше. Второй тип серийно выпускаемых преобразователей К1200ЦМИ имеет разрешающую способность 144×232 элементарных ячеек и размер $4,1 \times 6,6$ мм.

Датчик зрительной информации с твердотельным преобразователем приведен на рис. 21.

Третий тип датчиков — устройства с бегущим лучом — используются главным образом в специализированных и телепроекционных системах.

Можно сказать, что в исследовании, разработке и создании систем технического зрения роботов в последнее время достигнуты значительные успехи в области структурных и технических решений.

Главная задача, которая должна быть решена системой технического зрения робота, — это составление описания окружающей среды, которое строится на основе определения пространственного расположения окружающих предметов. Процесс преобразования зрительной информации робота является сложной и многостадийной процедурой. После получения изображения в датчике информация поступает на блоки, анализирующие это изображение. При этом применяются разнообразные, весьма сложные методы ее обработки, в том числе стереоскопические, методы активной зондирующей подсветки и др.

В общем виде информацию об объектах окружающей среды робот может получить тремя путями: с использованием ЭВМ для обработки вводимого в видеонализатор полученного изображения, аппаратных методов выделения необходимой информации и оптических методов пространственно-временной фильтрации изображения на основе когерентной техники.

Первый путь достаточно универсален, но требует высокого быстродействия ЭВМ и большого объема памяти, особенно для трехмерной «сцены». Второй путь обеспечивает решение задачи без привлечения большого объема информации и позволяет существенно повысить скорость обработки видеoinформации. Третий путь позволяет несколько упростить систему первичной обработки изображений, которая действует практически мгновенно. Функции ЭВМ сводятся к управлению всем комплексом и обработке сигналов на высшем уровне. Дальнейшее глубокое и всестороннее исследование этих трех путей, по-видимому, обеспечит выбор наилучшего. Можно надеяться, что усилия, прикладываемые в этом направлении, приведут в обозримом будущем к созда-

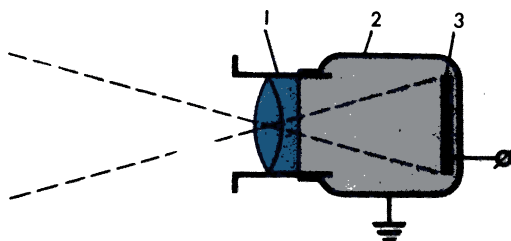
нию высокоинформативных, быстродействующих, компактных и надежных систем технического зрения роботов.

Для роботов с искусственным интеллектом высокого уровня применимы методы самообучения. Наблюдателю, т. е. роботу, показывается набор объектов, которые могут быть описаны заданием значений для каждого признака из известного множества признаков. Каждый объект должен принадлежать одному или более классам из некоторого фиксированного множества. В задаче классификации образов робот должен применить установленное ранее правило, чтобы решить, какому классу принадлежит объект. В задаче распознавания образов это правило классификации должно вырабатываться на основе исследования множества объектов с известной принадлежностью различным классам. Эти объекты в совокупности называются обучающим множеством или выборкой. В задаче формирования образов объекты предъявляются роботу без указания их принадлежности классам. Он должен самостоятельно построить соответствующий метод определения классов.

Разнообразие задач распознавания образов можно осуществить тремя способами: предъявлением роботу обучающего множества; вводом правил классификации образов, которые должен построить классификатор; видом описания классифицируемых объектов.

Рис. 21. Упрощенная схема «глаза» робота с твердотельным светочувствительным слоем:

1 — объектив; 2 — корпус камеры; 3 — твердотельная светочувствительная матрица.



АЛГОРИТМЫ И ЯЗЫКИ

Проводя сравнение возможностей искусственного и естественного интеллекта, исходя из конечных результатов, не касаясь тех функций и механизмов, которые осуществляются в мозгу человека или в технической системе. Машина и человек одинаково могут выдать конечный результат, например движение по сложному лабиринту, чтение текста, выбор очередного хода при игре в шахматы и т. д. Но внутренние процессы, происходящие в технической системе и мозгу человека, существенно отличаются. Для искусственного интеллекта существуют совершенно определенные алгоритмы и программы его поведения в различных ситуациях, созданные человеком и введенные в память устройства. Разработаны очень сложные алгоритмы и программы, которые позволяют техническому устройству адаптироваться к окружающей среде, вырабатывать оптимальные по выбранным критериям качества решения и т. д. Что касается механизмов мышления человека, особенно таких областей, как эмоции и творчество, то они пока неизвестны и осуществить их моделирование невозможно.

С самого начала исследования проблемы создания искусственного интеллекта основные надежды кибернетиков, психологов и лингвистов были связаны с моделированием работы мозга человека. Предполагалось, что здесь можно идти двумя путями — моделировать нейронные сети и воспроизводить алгоритмы мышления. Однако выяснилось, что сети из формальных нейронов не способны воспроизводить сложные функции мозга. Были затрачены большие усилия многих исследователей, и к началу 70-х гг. стало ясно, что такой путь в настоящее время неэффективен.

Одновременно проводились исследования по алгоритмическому моделированию мышления. Работы ряда ученых привели к формированию отдельного направления — эвристического программирования, влияние которого на исследования по искусственному интеллекту прослежи-

вается до настоящего времени. Однако в целом и это научное направление не дало ожидаемых результатов. Выяснилось, что оно не может быть фундаментом общей теории мышления, хотя и обеспечивает решение целого ряда прикладных задач.

В 50-е гг. начало развиваться еще одно направление, связанное с использованием формальных методов для решения сложных интеллектуальных задач (доказательство теорем, игра в шахматы и др.). Работы в этом направлении и составили основу нового раздела кибернетики, который посвящен проблеме создания искусственного интеллекта. В начале 70-х гг. на исследование по искусственному интеллекту оказали влияние результаты, полученные в области математической логики. Были созданы программы, решающие сложные задачи. Однако использование этих методов приводит к большим по объему программам. Попытки преодолеть трудности, сопутствующие разработке сложных программ, привели к появлению новых методов автоматизации программирования и созданию специальных формализованных проблемно-ориентированных языков. Использование их обеспечило прогресс в ряде областей проблемы искусственного интеллекта. И все же ряд исследователей, в том числе академик АН УССР Н. М. Амосов, настойчиво пытаются использовать в программах искусственного интеллекта знания о поведении и мышлении человека.

На предыдущих страницах автор иногда употреблял термин «алгоритм». Определение алгоритма развилось из представления о точном, однозначном описании дискретного процесса. А. А. Марков в своей книге «Теории алгоритмов» начинает вводный раздел словами: «В математике принято под алгоритмом понимать точное предписание, определяющее вычислительный процесс...». В настоящее время принято говорить: «Под алгоритмом следует понимать точное предписание, определяющее процесс преобразования информации».

Считают, что существует три черты алгоритма: точность предписания, не ос-

ставляющая места произвольному толкованию, и его понятность — определенность алгоритма; массовость — возможность исходить из множества исходных данных; результативность — направленность алгоритма на получение заданного результата.

Для кибернетиков алгоритмы — это прежде всего метод преобразования символьных конструкций, а вместе с ними и представленной в них информации. Это преобразование должно выполняться человеком или устройствами, для которых алгоритм — управляющая информация.

Рассматривая проблему искусственно-го интеллекта, целесообразно хотя бы кратко сделать экскурс в область понятия «язык». Это позволит читателю яснее и четче уяснить задачу создания специальных проблемно-ориентировочных языков программирования, созданных для общения человека с ЭВМ.

В Большой Советской энциклопедии дано такое определение понятию язык: «Стихийно возникшая в человеческом обществе и развивающаяся система дискретных (членораздельных) звуковых знаков, предназначенная для целей коммуникации и способная выразить всю совокупность знаний и представлений человека о мире. Признак стихийности возникновения и развития, а также безграничности области приложения и возможности выражения отличает язык от так называемых искусственных, или формализованных языков, которые используются в других отраслях знаний, и от различных систем сигнализации, созданных на основе языка (азбука Морзе, знаки уличного движения и др.)»

На Земле существует большое количество различных языков. В первые годы развития общества языки имели только звуковую форму и хранились в памяти людей. На определенном этапе развития людского общества была создана фонетическая запись с помощью относительно небольшого количества символов, позволяющая всякое устное сообщение записать, т. е. закодировать, выражаясь языком кибернетики, и снова воспроизвести

в звуковой форме. Начало развития письменности ознаменовало новую эру в истории человечества. Язык стал не только средством общения людей, но и средством накопления знаний. Нельзя не отметить, что между устным произношением и записью слова или фразы во многих языках существует большая разница, как например в английском и французском.

Основой каждого языка является набор слов, оговариваемый соответствующим словарем. Слова в естественных языках образуют предложения, из которых могут быть составлены более сложные тексты.

Обычные естественные языки характеризуются некоторыми особенностями. Во-первых, язык меняется со временем, что особенно хорошо чувствуется, когда читаешь старые рукописи. Во-вторых, в естественных языках, как правило, есть расплывчатость, некоторая неопределенность формулировок и понятий. В-третьих, одни и те же слова имеют различный смысл в различных предложениях. Существуют еще некоторые особенности, которые снижают однозначность понимания отдельных слов и даже предложений, целый ряд условностей, принятых в данном языке, но не вытекающих из грамматики.

В разные годы были предприняты попытки создать искусственные языки (например эсперанто), которые были бы свободны от этих недостатков, но большого успеха эти попытки не имели. Такое положение существовало долго. Но вот появились ЭВМ, роботы и искусственный интеллект. Возникла важная проблема установления диалога между человеком и ЭВМ, роботом и искусственным интеллектом, появилась необходимость создания новых языков. Все эти технические системы относятся к классу дискретных устройств, перерабатывающих цифровую информацию в двоичном или в двоично-десятичном коде. Каждый из элементов такого устройства может находиться только в двух состояниях — «да» или «нет», соответственно «1» или «0». Возможности ЭВМ определяются быстродействием и емкостью памяти.

Конечно, человек не может думать и общаться с машиной на таком языке, поэтому возникла проблема создания формальных искусственных языков, которые могли быть понимаемы и человеком и машиной. За истекшие годы было создано целое семейство специальных языков программирования и компиляторов-переводчиков к ним, много других искусственных языков, как например описания устройств ЭВМ, операторный, процедурно-ориентированные и т. д.

Особое место в искусственных языках занимают языки программирования. Это формальные языки связи человека с вычислительной машиной, предназначенные для описания данных (информации) и алгоритмов (программ) их обработки. Каждый язык программирования задается своим синтаксисом и семантикой — множеством правил, определяющих, какой вид фраз можно использовать для задания программ и каково их операционное значение. Теоретической основой языков программирования являются алгоритмические языки.

Существующие в настоящее время языки программирования подразделяются на три больших класса: машинно-ориентированные, процедурно-ориентированные и проблемно-ориентированные. К их числу относятся Алгол-60, Алгол-68, Фортран, Кобол, Бейсик и много других. Все эти языки предназначены для записи процедур и не имеют звукового аналога, отличаются четко выраженной однозначностью и ориентированием на ту или иную проблематику (математику, экономику, технологию и т. д.).

ПЛАНИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ

Способность человека к разумному, целенаправленному поведению сформировалась в результате длительного процесса эволюции. В ходе этого процесса последовательно формировались все более сложные уровни управления поведением. Появление новых программ переработки информации мозгом обеспечивало усложнение и совершенствование форм взаимо-

действия человека с окружающей средой. При этом каждый новый уровень, новый механизм управления формировался на базе уже существующих, дополняя и корректируя их деятельность. Если говорить об искусственном интеллекте, то такой процесс самоорганизации для него невозможен.

В отличие от искусственного интеллекта, например ЭВМ, имеющей соответствующее матобеспечение, робот с искусственным интеллектом, как правило, может перемещаться в пространстве и с помощью манипулятора активно воздействовать на окружающую среду.

В настоящее время можно сформулировать несколько задач, решение которых возможно для робота с искусственным интеллектом.

Выбор маршрута движения для достижения заданной цели. В качестве примеров можно привести такие: движение робота по подготовленной поверхности с препятствиями для переноса груза из одной точки пространства в другую; перемещение робота по заданному маршруту с исследовательскими целями (например, для определения степени радиоактивной загрязненности местности) и много других.

Манипуляция предметами. Это широкий класс задач для роботов, в него входят подавляющее количество процессов обслуживания, выполнения вспомогательных и транспортных операций и в наиболее сложном варианте — выполнение процесса сборки. Задачи такого рода могут частично выполняться и промышленными роботами, но с обязательным условием — программа движений манипулятора должна быть введена в робот извне, человеком-оператором. Сюда же входят и выполнение технологических процессов, как например, окраска распылением, контактная точечная и дуговая сварка и др.

Обеспечение производственных систем. Этот класс задач значительно сложнее относительно простых задач, которые должны выполнять транспортные роботы, так как необходимо придать роботу воз-

возможность оценивать ситуацию, принимать соответствующее решение и его выполнять. Иначе говоря транспортный робот с искусственным интеллектом должен «знать» о том, есть ли на складе заготовки, закончился ли процесс обработки изделия на данном станке и т. д.

Роботы с искусственным интеллектом в отличие от роботов первого и второго поколений не имеют в своей памяти жестких программ по достижению целей, вложенных в них конструктором или человеком-оператором при обучении. Вместо этих априорно заданных программ они обладают способностью каждый раз строить программу достижения цели, используя для этого знания об окружающей среде, пополняющиеся с помощью датчиков внешней информации, а также знания о своих возможностях. На основании этих знаний робот планирует свое поведение по достижению поставленной цели.

Существуют сомнения в правомерности термина «планирование поведения». Его считают слишком антропоморфным и предлагают термин «планирование действий». Автор полагает, что наступило время, когда нужно думать и укреплять симбиоз между человеком и роботом и поэтому оставляет термин «планирование поведения» робота.

Планирование поведения представляет собой иерархический процесс, состоящий из нескольких уровней. На высшем уровне робот находит в своей библиотеке сценарий или совокупность сценариев, соответствующих поставленной цели и передает его или их на следующий, низкий уровень планирования. Если в библиотеке подходящего сценария нет, то система планирования обращается к системе формирования целей, которая пробует найти цель, эквивалентную ранее поставленной. Если этот процесс не дает выхода, то цель считается недостижимой, и система планирования останавливается.

На том уровне, куда поступает соответствующий сценарий, происходит поиск всех возможных последовательностей, ведущих от начала сценария к окончательной цели. Выбор общей последова-

тельности, иначе говоря маршрута движения, определяется существующими ограничениями, имеющимися в окружающей среде, состоянием и возможностями самого робота.

На следующем, более низком уровне планирования происходит определение конкретного участка, о котором имеется необходимая информация. Такие данные могут быть получены датчиками внешней информации, в частности системой технического зрения. В этом случае протяженность такого участка будет определяться дальностью прямого видения.

Если возникают непредвиденные препятствия, то робот может возвратиться к началу участка и тогда происходит поиск другого участка, по которому возможно достижение цели. Если среди конкретных участков нет такого, который может быть реализован с точки зрения имеющихся ограничений, то происходит возврат на тот уровень, где определяется другой возможный маршрут.

На низшем, последнем уровне весь сценарий преобразуется последовательно на систему элементарных команд, поступающих на приводы манипуляционной системы робота, т. е. на программу движения.

Возможны и другие аспекты планирования целесообразного поведения робота.

В целом эта задача сводится к формированию программы движения самого робота (или его манипулятора) и корректировке ее в процессе выполнения. Дальнейшее углубление знаний в области технических средств искусственного интеллекта требует привлечения специальных разделов формальной логики, подробного ознакомления с исчислением предикатов и т. д. Понимание этих вопросов требует специальной подготовки. Если читатель захочет углубить свои знания по этим вопросам, то ему можно рекомендовать следующую литературу: В. М. Назаретов и Д. П. Ким «Техническая имитация интеллекта» М., Высшая школа, 1986; Н. М. Амосов, А. М. Касаткин, Л. М. Касаткина и др. «Автоматы и разумное пове-

дение». — К., Наукова думка, 1973; А. Эндрю «Искусственный интеллект». — М., Мир, 1985.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ И ИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ

Эта система предназначена для представления знаний о внешнем мире, их накоплении, корректировке и использовании в достижении поставленной цели. Представление знаний, т. е. форма их выражения, выбирается с учетом конкретного класса задач, на решение которых ориентирован искусственный интеллект.

Следует отметить, что до последнего времени в теории программирования задач для искусственного интеллекта оживленно обсуждаются вопросы о двух возможных путях построения подобных систем: процедурном и декларативном. В процедурном подходе в центре внимания разработчика находилась процедура, программа обработки данных, а информация для нее, т. е. данные, играли второстепенную роль. С помощью программы обрабатывались данные, которые вызывались по мере необходимости, отправлялись в разные участки памяти, стирались и т. д. Считалось, что основная работа по созданию систем заключается в создании процедур, а данные оставались где-то на периферии. Это положение стало меняться по мере усложнения данных. Появились структурные данные, списки, документы, семантические цепи и т. д. Затем появились специальные средства для хранения данных — информационные банки и базы. Это означало, что вместе с хранением данных в базах и банках происходит их элементарная обработка. Информация усложнила свою форму представления, она становилась, как говорят специалисты, структурированной, одни части информации стали связываться с другими различными отношениями и зависимостями. Процедуры, связанные с обработкой такой информации, начали усложняться.

Во многих случаях привычные программы заменялись специальными проце-

дурами. Так возник декларативный подход, в котором работа с данными, а их начали называть знаниями, выходит на первое место, оттесняя сами процедуры на второй план. Уместно задать вопрос, в чем же принципиальная разница между данными и знаниями? По-видимому, нет совершенно четкой границы между этими двумя понятиями.

Д. А. Поспелов дает такое определение: «Данные есть комплекс информации, совместимый в рамках некоторой формальной системы с учетом всех возможных интерпретаций этой системы. Знание есть информация, которая хранится во всех возможных мирах вместе с условиями перехода одного мира к другому. Другими словами, знания это не только множество всех текущих ситуаций в объектах данного типа, но и способы перехода от одного описания объекта к другому, ... а, следовательно, знания — это то, что воплощается в некоторой семиотической модели».

Формы представлений знаний могут быть различные. Систему знаний можно рассматривать как совокупность четырех блоков: абстрактные знания, знания о целях, модель окружающей среды, накопление и корректировка знаний.

Абстрактные знания — это сведения о некоторых общих закономерностях, действующих как во внешней окружающей среде, так и внутренней среде робота, которые, как правило, не меняются во времени. К ним можно отнести, например, физические закономерности внешнего мира. Знания о целях — это информация о глобальных целях, которые должны быть достигнуты в процессе функционирования.

Модель окружающего мира робота — это формальное описание знаний о среде, в которой функционирует робот. Эти сведения носят априорный характер в том смысле, что сформулированы и сообщены роботу заранее. В ряде случаев не удается построить заранее модель окружающего мира требуемой точности и информационной полноты. Это особенно касается роботов, предназначенных для функционирования в малоизученных средах.

Текущая информация, которую получает робот в процессе функционирования, может и должна быть использована для повышения точности и расширения знаний о мире.

Знания в искусственном интеллекте должны отвечать следующим особенностям.

Интерпретируемость. Данные, находящиеся в памяти ЭВМ, могут содержательно интерпретироваться, толковаться лишь с помощью соответствующей программы. Если такой программы нет, то данные не содержательны. Знания, имеющиеся в памяти ЭВМ, отличаются от данных тем, что в них возможность содержательной информации всегда присутствует.

Наличие классифицирующих отношений. Несмотря на разнообразные формы хранения данных, ни одна из них не обеспечивает компактного описания всех связей между различными типами данных. Знания имеют эти соответствующие взаимосвязи.

Наличие ситуативных связей. Эти связи определяют ситуативную совместимость отдельных событий или фактов, хранимых или вводимых в память, а также такие отношения, как одновременность, расположение в данной области пространства и т. д. Ситуативные связи помогают строить процедуры анализа знаний на совместимость, противоречивость и другие, которые трудно реализовать при хранении традиционных массивов данных.

Центральным вопросом при создании базы знаний является выбор способа их представления (описания). Совокупность модели представления знаний и связанных с нею процедур преобразования образует систему представления знаний.

Для описания внешнего мира робота и нахождения решений в искусственном интеллекте широко используется язык и аппарат исчисления предикатов. Предикат (одно из фундаментальных понятий математической логики) — условие, сформулированное в терминах некоторого точного логико-математического или не-

формального языка. Предикат содержит обозначения для произвольных объектов некоторого класса. При замещении переменных именами объектов данного класса предикат задает точно определенное высказывание. Исчисление предикатов представляет собой развитие исчисления высказываний и включает его полностью.

Среди предикатных языков центральное место занимает язык, базирующийся на исчислении предикатов первого порядка. В определенном смысле исчисление предикатов первого порядка является расширением исчисления высказываний, называемого также препозициональной логикой. Предикаты бывают одноместные и многоместные. Первые отражают некоторые свойства признаков, присущие определенному субъекту или классу субъектов (легковой автомобиль неисправен, автомобиль имеет двигатель и т. д.). Многоместные предикаты отражают отношения, которые существуют между группой элементов (двигатель вращает колеса, вращающиеся колеса двигают автомобиль и т. д.).

В настоящее время успешно развивается теория семантических сетей в связи с нуждами управления и построения систем искусственного интеллекта. Семантическая сеть в самом общем виде определяется как последовательность некоторых фиксированных множеств и системы отношений, определенных на элементах этих множеств. Отношения эти могут охватывать два, три и более элементов. Семантические цели могут быть удобно представлены в графическом виде.

Особый класс реляционных описаний составляют так называемые фреймовые представления. Понятие «фрейма» ввел в обиход известный американский кибернетик М. Минский. Оно употребляется в нескольких смыслах, близких между собой: фрейм — это то минимально необходимое, без чего не существует объект, явление или процесс, о котором идет речь.

Представление знаний может быть осуществлено с помощью М-автоматов и М-сетей, разработанных под руководством академика АН УССР Н. М. Амосова. Этот

язык моделирования развит на основе представления о мышлении как о направленном процессе взаимодействия множества корковых информационных моделей объектов внешнего и внутреннего мира человека. Искусственные системы, строящиеся на основе этого представления, реализуются в виде специфических сетей, названных М-сетями. С помощью этих сетей можно представлять взаимосвязанные системы образов и понятий, предположительно используемые человеком в ходе мышления.

3. БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Создание и развитие биотехнических систем, которые включают человека-оператора и сложную машину-робот, представляет собой одну из интереснейших, центральных проблем робототехники, примыкающих к проблеме искусственного интеллекта. Поэтому мы и знакомим читателя с некоторыми ее положениями. Это проблема общения человека с роботом в процессе совместной целенаправленной деятельности, в которой, как утверждают сейчас специалисты, человеку принадлежит ведущая командная роль. Можно предполагать, что с течением времени при значительном совершенствовании искусственного интеллекта робота это соотношение будет изменяться. Во всяком случае задания, поступающие от человека к роботу, будут носить более общий характер. Можно утверждать, что разумное сочетание принципов дистанционного и автоматического, автономного управления позволяет существенно расширить функциональные возможности роботов, применяемых в различных условиях.

Повышение эффективности совместной деятельности человека и робота при дистанционном управлении, или как говорят, телеуправлении включает ряд аспектов.

Во-первых, это эргономическая проблема, заключающаяся в оптимизации действий человека с учетом его психологических и физиологических особенностей. Важнейшим моментом является вы-

работка наилучших форм представления информации человеку для дистанционного наблюдения за ситуацией в рабочей зоне робота и состоянием самого робота.

Во-вторых, требуется разработка и создание наиболее удобных для человека устройств подачи роботу управляющих и целеуказательных сигналов в соответствии с принятым решением. Это могут быть различные устройства, в том числе рычаги, световое перо, специальные текст и речевое управление.

В-третьих, особого внимания заслуживает выбор канала связи. Радиоканал по своим параметрам и техническим характеристикам значительно отличается от кабельной связи, и эти особенности должны быть учтены при создании робота.

Взаимодействие человека-оператора с роботом может быть осуществлено на разных уровнях. Сказанное поясняется рис. 22. Как следует из этого рисунка, человек-оператор может воздействовать на IV уровне — интеллектуальном, III — стратегическом, II — тактическом и I — исполнительном. На схеме показано взаимодействие на IV уровне, остальные каналы взаимодействия показаны пунктиром. Ширина полосы канала связи разная, так как объем информации будет увеличиваться по мере снижения уровня. Разумеется, это только качественное соотношение.

Исполнительный уровень управления обеспечивает организацию движения отдельно по каждой степени подвижности — управляемой координате манипулятора. Это простейший уровень, причем при наличии памяти он весьма близок к процессу обучения промышленного робота.

На тактическом уровне происходит распределение сигналов управления, поступающих от оператора, по степеням подвижности манипулятора. Входная информация должна содержать траекторию и закон движения рабочего органа манипулятора. Формирование траектории и законов движения рабочего органа манипулятора происходит на стратегическом

уровне путем расчленения операций на отдельные этапы движения. Следовательно, входной информацией на этом уровне является формализованное представление о всей операции в целом.

На высшем уровне управление осуществляется формулированием общей цели выполнения данной операции с учетом конкретной обстановки в окружающей среде.

Изложенный принцип взаимодействия человека с роботом на разных уровнях может быть проиллюстрирован на примерах различных типов телеуправляемых систем.

В отечественной и зарубежной литературе по робототехнике приняты термины, определяющие типы этих систем. К ним относятся роботы с супервизорным,

комбинированным и интерактивным управлением.

Роботы с супервизорным управлением отличаются тем, что все элементы выполняемых ими операций предварительно запрограммированы, записаны в виде подпрограмм и могут выполняться автоматически. Человек-оператор, наблюдающий дистанционно за действиями робота, установленного в опасной зоне, подает только отдельные команды, и по этим сигналам включаются те или иные программы автоматического действия робота. За человеком-оператором остаются лишь функции распознавания обстановки и принятия соответствующего решения. После подачи такой команды робот действует по определенной программе автоматически. Чем выше уровень интеллекта робо-

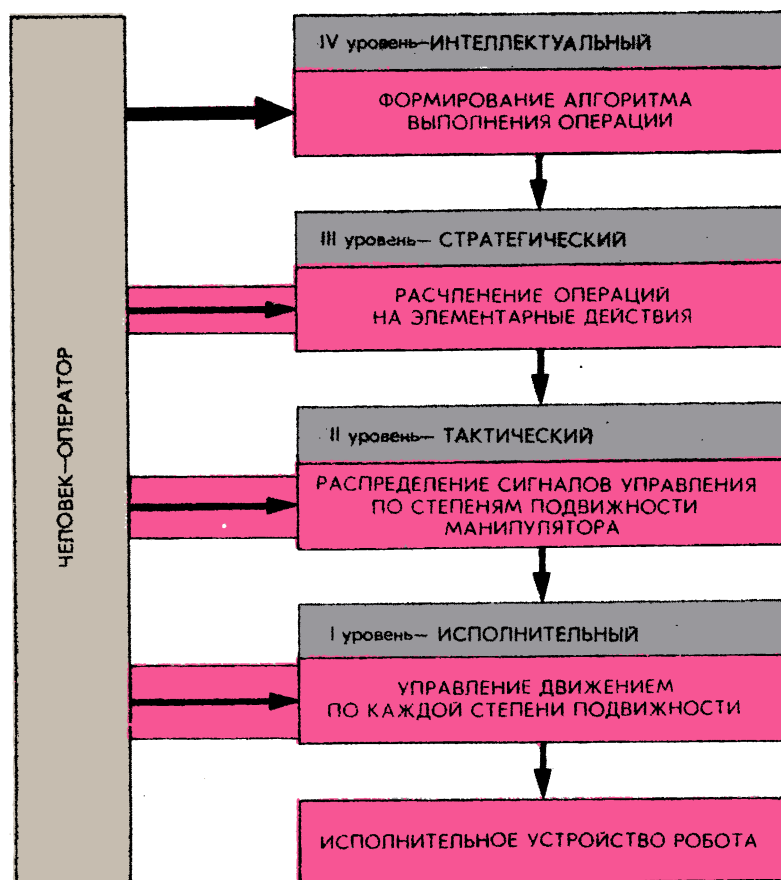


Рис. 22. Взаимодействие человека-оператора с роботом на разных уровнях.

та, тем меньше человеку придется вмешиваться в поведение робота. Из сказанного следует, что в такой системе функции между человеческим интеллектом и системой управления робота разделены определенным образом.

Роботы с комбинированным управлением отличаются тем, что имеют два режима работы: автоматический, как у роботов с супервизорным управлением, и ручного управления. Такие роботы получили применение на необитаемых подводных аппаратах, во взрывоопасных и горячих цехах, атомной энергетике и т. д. При эксплуатации таких роботов бывают ситуации, когда человеку целесообразнее взять управление на себя. Следует отметить, что этот режим применяется в авиации при использовании автопилотов. В определенных случаях (взлет, посадка) летчик принимает управление на себя.

Роботы с диалоговым (интерактивным) управлением, как правило, относятся к интеллектуальным роботам и отличаются от супервизорных тем, что робот не только принимает команды человека-оператора для их выполнения, но и сам активно участвует в распознавании обстановки и принятии решения, помогая в этом человеку. На рис. 23 представлена функциональная схема интерактивной системы управления роботом.

Приведенная выше классификация робототехнических систем общепринята. Однако нельзя не отметить, что в ней существует некоторая неопределенность. Для того чтобы пояснить читателю эту мысль, попробуем привести в качестве примера диалог между автором и читателем.

Представим себе, что речь идет о гипотетической ситуации, сложившейся на Луне, скажем в 2000 году. На поверхности Луны установлен специальный бункер со станцией управления, в котором находятся космонавты, пульт управления ЭВМ и другое оборудование. Космонавт-оператор имеет перед собой дисплей и может наблюдать на нем сложившуюся ситуацию. Изображение на дисплее передается с борта робота-планетохода. Робот имеет гусеничный или колесный ход, бор-

товую ЭВМ, манипулятор, стереотелевизионные датчики. Со станцией управления он связан двухсторонним радиоканалом связи. На расстоянии нескольких километров от бункера находится метеорологическая установка, на которой необходимо заменить вышедший из строя блок. Как может действовать космонавт?

Вариант I. Космонавт-оператор начинает подавать роботу команды следующего типа: передвинуться по прямой на 100 м, остановиться, повернуть стереотелевизионные датчики на угол $\pm 30^\circ$ от главной оси направления движения, передать информацию на станцию управления. И далее команды будут примерно такие же, меняться они могут в деталях в зависимости от конкретной ситуации.

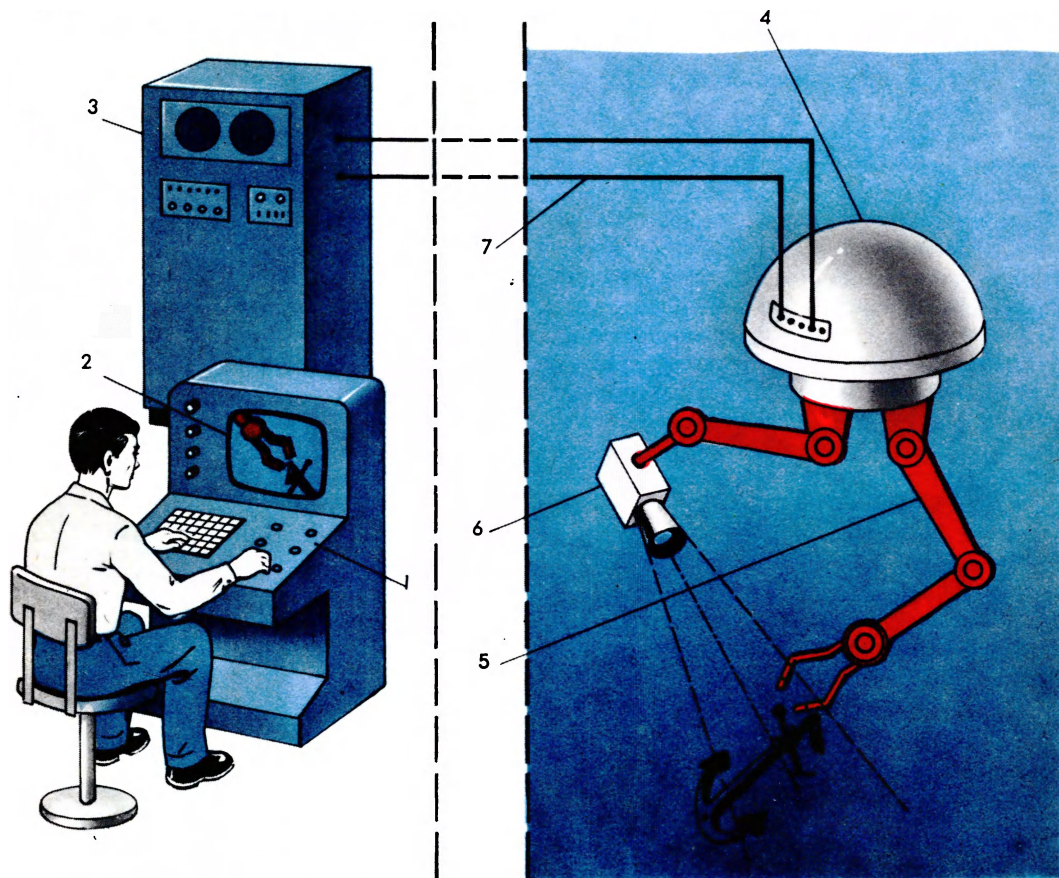
Автор спрашивает: «Какого типа эта система?» Читатель, по-видимому, не колеблясь, ответит: «Конечно, типичная телеуправляемая система». Такой ответ будет совершенно правильный.

Вариант II. Космонавт-оператор подает команды следующего типа: двигаться от исходной точки к метеостанции по кратчайшему маршруту, обходя встречающиеся препятствия, воронки и трещины; дойдя до метеостанции, остановиться, подать соответствующий сигнал и ждать следующей команды.

Автор спрашивает: «Какого типа эта система?» Читатель, по-видимому, ответит: «Эта система дает возможность роботу ориентироваться на местности и принимать решения о дальнейшем пути движения. Наверное, эта система будет сложнее в той части, которая находится на борту робота». В общем ответ правильный, хотя несколько расплывчатый.

Вариант III. Космонавт-оператор подает следующие команды: роботу двигаться от исходной точки к метеостанции по кратчайшему маршруту, обходя встречающиеся препятствия, воронки и трещины; заменить блок № 3, вышедший из строя, имеющимся на борту новым; вернуться тем же маршрутом обратно на станцию управления.

Автор спрашивает: «Какого типа эта система?» Читатель, наверное, не колеб-



лясь ответит: «Это робот с искусственным интеллектом, который может самостоятельно выполнять весьма сложные задачи». И читатель будет прав.

Таким образом, мы приходим к выводу о том, что разница между телеуправляемым роботом и роботом с искусственным интеллектом заключается в объеме и характере подаваемых команд. Если эти команды элементарные, низшего уровня, то тогда это будет телеуправляемый робот. Если команды будут сложнее, т. е. значительная часть элементарных команд будет вырабатываться системой управления роботом, то это будет супервизорная система управления. Наконец, если человек-оператор формулирует только цель задачи для робота, то тогда это робот с искусственным интеллектом, как часто

Рис. 23. Функциональная схема интерактивной системы управления подводным роботом: 1 — пульт оператора с органами управления; 2 — дисплей; 3 — управляющая ЭВМ; 4 — робот с датчиками осязания; 5 — манипулятор; 6 — телевизионная камера; 7 — канал связи.

говорят, несколько строже, с элементами искусственного интеллекта. Пожалуй, можно сказать, что разница между ними скорее количественная, а не качественная.

4. О БУДУЩЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В большом количестве специальных и научно-популярных книг, статей и журналов обсуждается вопрос: «Можно или нельзя создать искусственный интеллект, равный человеческому мозгу?» Мнения специалистов разделились. Одни катего-

рически говорят: «Нет, нельзя». Другие менее категорично заявляют: «Да, можно». Не скрою, автор относит свой голос ко вторым.

Утверждение ученых, считающих невозможным создание искусственного интеллекта, основывается на том, что механизм таких чувств, как эмоции, вдохновение, любовь, творчество, озарение и другие, не понятны до сих пор. Они не моделируются, и поэтому создать искусственный интеллект с этими чувствами нельзя.

Автор вносит конструктивное предложение, которое может частично примирить противоборствующие стороны. Давайте разделим все функции головного мозга на две группы. К одной отнесем эмоции, вдохновение, озарение и любовь. Оставим эти функции человеку и пока не будем на них посягать, применяя технические системы. Для искусственного интеллекта отнесем проблемы распознавания окружающей обстановки, в том числе речи на естественном языке, синтез речи для ответов, все математические вычисления и расчеты, сознания «я» и «не я», перемещение в пространстве (в том числе по поверхности), активное действие на окружающую среду, игры и прогнозы в разных областях. Наверное такое разделение функций не вызовет особых возражений ни у кого, тем более, что это пока ни к чему не обязывает.

Возможно, горячие споры встретит толкование слова «творчество». Автор настаивает на том, чтобы эту функцию отнести и к области искусственного интеллекта, а также постарается доказать, что это справедливое решение. На рис. 24 показаны различные процессы (проявления), которые могут быть отнесены к интеллектуальным и свойственным человеческому разуму. В верхней части расположены наиболее сложные и до настоящего времени не формализованные. Начиная от процесса творчества и ниже выписаны процессы, которые поддаются формализации и в значительной степени уже реализованы.

Особое место занимает процесс творчества. Нельзя не отметить, что уже есть

программы, позволяющие автоматизировать процесс конструирования кузова автомобиля и других сложных изделий. Также процессы всегда относили к творческим, хотя это понятие формулировалось в научно-техническом аспекте. Следует думать, что границы таких творческих возможностей искусственного интеллекта со временем будут расширяться.

Итак, что же можно ожидать от искусственного интеллекта в обозримом будущем?

В настоящее время между человеком, который хочет вступить в диалог с машиной, и ею самой находится программист. Он должен перевести мысли и пожелания пользователя на доступный для понимания ЭВМ язык. Эта процедура, как уже было показано ранее, выполняется на каком-либо формализованном языке. Проведение такой работы требует от программиста определенных знаний, навыков и, конечно, усложняет процесс диалога между человеком и машиной. Исследования, которые ведутся в этом направлении, предусматривают создание метода непосредственного диалога человека с машиной на естественном языке. Конечно, интеллектуальные возможности ЭВМ должны резко возрасти. Такое решение существенно упростит общение человека с машиной и позволит пользоваться машиной каждому, кто захочет.

Можно ожидать, что в ближайшие годы будут получены хорошие результаты по совершенствованию систем распознавания внешней зрительной информации, включая объемные сцены сложной формы, печатный текст, машиностроительные и другие чертежи, географические карты, аэрофотоснимки и т. д. Устройства для распознавания образов должны иметь достаточно высокую разрешающую способность, возможность различать глубину сцены и расцветку.

Что касается математических вычислений, то уже сейчас достигнуты большие результаты. Уместно напомнить, что в настоящее время ЭВМ может выполнять математические операции в таком объеме и с такой скоростью, которые со-



Рис. 24. Область функционирования естественного и искусственного разума.

вершенно неспособны естественному интеллекту. Можно предполагать, что это направление будет постоянно развиваться, главным образом, за счет повышения быстродействия ЭВМ. Как ни странно, высокое быстродействие существующих ЭВМ оказывается недостаточным в тех ситуациях, когда вычисления должны выполняться в естественном масштабе времени для быстро протекающих процессов.

Автоматизация проектно-конструкторских и технологических работ осуществляется достаточно эффективно с помощью систем автоматизации проектно-конструкторских работ (САПР). Следует отметить, что уровень автоматизации проектно-конструкторских работ постоянно увеличивается. Как показал академик В. М. Глушков, переход к безбумажной информатике возможен и реален уже сейчас. Таким образом, можно исключить все графические и текстовые документы и передавать результаты САПР прямо в цех на станки с ЧПУ.

Одним из перспективных направлений проблемы искусственного интеллекта является создание и применение экспертных систем.

Как известно, экспертная система — это человеко-машинная диалоговая система, в которой включены знания специалистов о некоторой предметной области. В последние годы объектом автоматизации стал процесс принятия решений на трудно формализуемых этапах управления реальными сложными объектами. Главным образом экспертные системы находят применение в непромышленной сфере: управленческой области, внешних связях, медицине, транспорте, планировке городов и т. д.

Специфика задач управления в непромышленной сфере — слабая формализация систем управления, большой удельный вес неточных данных и качественно изменяемых показателей. Это накладывает ограничения на возможность применения традиционных вычислительных

методов, оптимизации и моделирования. Экспертные системы базируются на комплексе интеллектуальных программ, подготовленных квалифицированными специалистами. Главной особенностью этих систем является возможность накопления огромных объемов информации и знаний, непосильных даже большому коллективу специалистов. Для желающих подробнее ознакомиться с этой проблемой можно рекомендовать книгу «Вопросы применения экспертных систем». Сборник научных трудов под ред. В. В. Соломатина — Минск: Минприбор, 1988.

Научно-технические прогнозы являются одним из важнейших направлений развития искусственного интеллекта. Надо полагать, что на разработку этого научного направления будут направлены значительные усилия ученых и инженеров, что позволит получить в обозримом будущем хорошие результаты. Одним из вариантов этого направления является исследование явлений, экспериментальное изучение которых невозможно, как например экологические последствия крупных инженерных проектов вроде переброски стока больших рек и многое другое. Необходимые параметры либо нельзя воспроизвести в земных условиях, либо это может сопровождаться риском нанесения необратимого ущерба для Земли.

В этом плане очень интересна работа по изучению биосферы нашей планеты, как единого организма, ведущаяся в Вычислительном центре АН СССР под руководством академика Н. Н. Моисеева. Называется эта система «Гея» по имени греческой богини Земли. Экспериментировать с биосферой в натуре не только невозможно, но и смертельно опасно для планеты. В то же время человечество обладает сегодня такими могучими силами, что его влияние на окружающую среду приобретает иной раз глобальный и, как правило, отрицательный характер. Примеров можно было бы привести, к сожалению, очень много.

Людям жизненно необходимо знать допустимые, разумные границы своего воздействия на природу и возможные по-

следствия такого воздействия. Единственный путь для получения подобных знаний — создание моделей, имитирующих основные процессы в биосфере. Такая модель или система моделей позволяют с достаточной точностью прогнозировать процессы в будущем, т. е. заглянуть в будущее.

На создание системы «Гея» ушло около 10 лет, а в начале 80-х гг. с помощью этой вычислительной системы были получены уникальные результаты. Наибольшую известность получили исследования климатических последствий ядерной войны, проведенные в 1983 г. В их основе лежали сценарии американского астронома К. Сагана, согласно которым ядерные удары будут нанесены по городам, где начнутся гигантские пожары, и на уровне тропосферы над городами возникнут облака сажи, практически не пропускающие солнечный свет. Ну, а что произойдет потом? Вот на этот вопрос и дает ответ система «Гея». Результаты этого машинного эксперимента много раз описывались в литературе. Интересующиеся подробностями могут прочитать книгу Моисеева Н. Н., Александрова В. В., Тарка А. М. «Человек и биосфера». М., Наука, 1985 г.

Недавно в американском журнале «Ньюсуик» были опубликованы материалы о том, что в настоящее время ведутся работы по созданию принципиально новых вычислительных систем, имитирующих принципы работы человеческого мозга. Специалисты надеются получить новое поколение машин, которое пока называют «нервными системами». Эти машины будут обладать способностью самообучения, адаптацией, смогут предсказывать поведение человека в различных ситуациях. Уже проведена первая международная конференция специалистов — математиков, биологов, электронщиков, работающих над созданием таких систем.

Первые созданные исследовательские образцы нового поколения уже проявили способность опознавать людей с измененной внешностью (приклеенные усы, очки), так как они ищут образец, состоящий из совокупности признаков, а не опреде-

ляют отдельные детали.

Особенно примечательной способностью новых систем является их способность к обучению. Один такой компьютер самостоятельно научился читать вслух по-английски. В него был введен образец печатного текста и его фонограмма. Сначала компьютер пытался читать текст путем произвольной привязки звуков к буквам с последующей сверкой по фонограмме. Из первоначальной неразберихи компьютер выделил небольшие слова. Система непрестанно повторяла этот процесс, каждый раз меняя внутреннюю программу, чтобы получить вариант, более подходящий к фонограмме. Проработав несколько часов, компьютер добился вполне

понятного на слух воспроизведения английского текста.

Предполагается, что новое поколение компьютеров позволит значительно ближе подойти к изучению функционирования человеческого мозга и моделированию его деятельности. Если ученые смогут уверенно освоить эту область, то многие задачи искусственного интеллекта, которые изложены в этой книге, получат новую интерпретацию, а то, что сейчас кажется фантазией, станет реальностью. Возможно, что в будущем мы будем уверенно говорить и писать: «роботы с искусственным интеллектом», а не так осторожно: «роботы с элементами искусственного интеллекта».

ГЛАВА 5 НА ПУТИ К СОЗДАНИЮ РОБОТОВ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ

1. ПРИМЕРЫ ОПЕРАЦИЙ И ЗАНЯТИЙ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ РОБОТОМ

«ВЫ НЕ ПОМНИТЕ, КАКИМ БЫЛ МИР БЕЗ РОБОТОВ. БЫЛО ВРЕМЯ, КОГДА ПЕРЕД ЛИЦОМ ВСЕЛЕННОЙ ЧЕЛОВЕК БЫЛ ОДИНОК И НЕ ИМЕЛ ДРУЗЕЙ. ТЕПЕРЬ У НЕГО ЕСТЬ ПОМОЩНИКИ, СОЗДАНИЯ БОЛЕЕ СИЛЬНЫЕ, БОЛЕЕ НАДЕЖНЫЕ, БОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ, ЧЕМ ОН И АБСОЛЮТНО ЕМУ ПРЕДААННЫЕ. ЧЕЛОВЕЧЕСТВО БОЛЬШЕ НЕ ОДИНОКО».

А. АЗИМОВ «Я — РОБОТ».

Существует такое мнение: для того, чтобы заглянуть в будущее, следует мысленно перенестись в прошлое и оттуда посмотреть на сегодняшнее настоящее. Давайте попутешествуем во времени. Представьте себе, что мы находимся в 1905 г. и наблюдаем первые полеты «этажерок» братьев Райт, которые пробегая по траве несколько сот метров, с трудом отрываются от земли, поднимаются на 5—10 метров и, пролетев небольшое расстояние, приземляются на поле. Зрители восторженно хлопают и приветствуют первые полеты машин. И вот вы в окружении пораженных зрителей начинаете фантазировать о будущем авиации. Вы говорите о том, что пройдет всего 70—80 лет, и самолеты будут подниматься на высоту нескольких километров, лететь со скоростью 800—1000 километров в час, легко перелетать через океан и Северный полюс земли, брать на борт по 200—400 пассажиров, и вообще перелет из Европы в Америку станет обычным делом. Кроме того вы говорите, что человечеству понадобится только 50 лет для преодоления земного притяжения и постройки межпланетных космических кораблей. Окружающие вас зрители, недоверчиво косясь

Операции и занятия, которые роботы могут выполнять сейчас и смогут выполнять в будущем

Роботы	Народное хозяйство и промышленность	Быт
Роботы I поколения	Загрузка и разгрузка станков с ЧПУ; загрузка и разгрузка штампов, прессов, литейных машин и т. п.; контактная точечная и дуговая сварка; окрасочные работы; сборка несложных узлов и устройств; транспортные операции в пределах цеха	Игра на пианино; рисование контурных изображений
Роботы II и III поколений	Сборка крупных сложных изделий самолетов, автомобилей, телевизоров и т. д.; различные работы в условиях высокой радиоактивности и токсического загрязнения; охрана помещений, патрульная служба	Уборка квартиры пылесосом (движение по рациональной трассе и обходя препятствия); мойка окон; мойка посуды; обслуживание автомобиля (мойка, смазка); передвижение по сильно пересеченной местности; охрана помещения
Роботы будущего	Автономные монтажные, сварочные и ремонтные работы в космосе; автономные монтажные и ремонтные работы под водой; широкий круг сельскохозяйственных работ на открытом воздухе и в помещениях; различные работы под землей и в шахтах; контрольные операции различного типа	Сервировка стола и уборка посуды; приготовление постели; вязание по программе; шитье на швейной машине; строительство дома по проекту; разговор с людьми; управление автомобилем; уборка фруктов; приготовление несложного кушанья; игра с ребенком
Гипотетические роботы	Техническая эстетика	Чистка фруктов; починка домашних вещей; игра в теннис или пинг-понг; танцы в балете; модельная стрижка; хирургическая операция; рисование картины кистью; испытание эмоций и чувственных ощущений

на стоящий на поле первый неуклюжий аэроплан, сочтут вас фантазером, а может быть, просто безумцем.

Таких примеров можно привести много. Из сказанного выше следует сделать такой вывод: то, что сегодня нам кажется безудержной фантазией, завтра, через обозримый короткий исторический период, может стать реальностью. Итак, немножко помечтаем, а мечты наши (и действительность) представим в виде таблицы.

Эта таблица не претендует на исчерпывающую полноту. Впервые такого типа таблица была приведена в книге Эйриса Р., Миллера С. «Перспективы развития робототехники»: Пер. с англ. — М., Мир, 1986. Автор ее доработал, дополнив новым материалом. По-видимому, развитие робототехники и роботостроения позволит существенно расширить наше представление о возможностях роботов различных поколений.

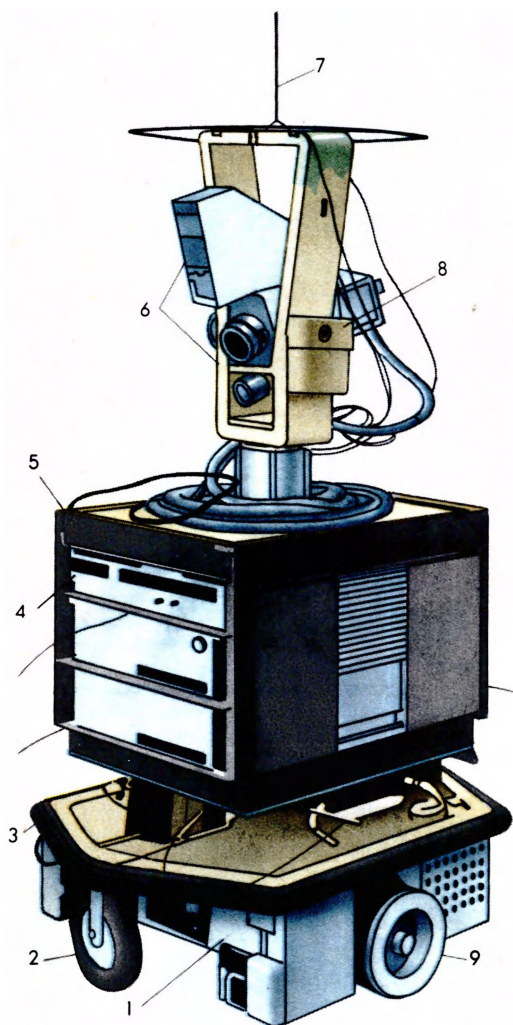


Рис. 25. Робот «Шейки»:

1 — приводной двигатель; 2 — основное колесо; 3 — датчик касания корпуса робота с препятствием; 4 — блок управления камерой; 5 — бортовая ЭВМ; 6 — дальномер; 7 — антенна; 8 — телевизионная камера; 9 — управляемое колесо.

2. СТЕНФОРДСКИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ РОБОТ

Робот «Шейки» был создан в 1969 г. в Стенфордском исследовательском институте (США) и назывался тогда интегральным роботом или мобильным автоматом с использованием принципов искус-

ственного интеллекта. Этот робот состоит из подвижной части, ЭВМ SDS-940 и соответствующего программного обеспечения.

Подвижная часть робота представлена на рис. 25. Она приводится в движение с помощью двух шаговых двигателей, имеющих независимые приводы к колесам на каждой стороне тележки. В верхней части робота, которая может поворачиваться вокруг вертикальной оси, установлены телевизионная камера и оптический дальномер. В центре расположен блок управления, который распределяет команды, поступающие от ЭВМ к механизмам и устройствам, реализующим соответствующее действие. Имеются специальные приводы, которые управляют фокусным расстоянием телевизионной камеры, ее диафрагмой и углом поворота верхней части робота. Помимо телевизионной камеры и дальномера по периметру робота установлены специальные тактильные датчики — сенсоры в виде «усов» для получения информации о столкновении робота с препятствием. Команды от вычислительной машины к роботу и информация от робота к ЭВМ подаются по двум специальным радиоканалам.

Робот создан для изучения процессов управления в сложной окружающей среде в реальном масштабе времени. Все функции, которые должен выполнять робот, можно разделить на три класса: решение задачи, восприятие, моделирование.

Под решением задачи понимается выполнение определенной последовательности элементарных действий, например, вращение колес или поворот верхней части и осмотр пространства перед ним. Перед началом определенных действий обычно осуществляется процесс планирования их. Чтобы правильно спланировать элементарные действия, робот с искусственным интеллектом должен «знать» конечную цель этих действий.

Восприятие робота осуществляется с помощью сенсорных систем-датчиков внешней информации об окружающей среде. Наибольшее количество информации робот получает по зрительному каналу.

Моделирование предусматривает создание модели внешней среды робота. Система управления робота, осуществляющая решение задач, использует записанную в модели информацию для планирования и расчета последовательности действий. По мере изменения внешней среды активными действиями самого робота или по другим причинам модель должна преобразовываться с целью запоминания этих изменений. Кроме того, в модель должна добавляться новая, текущая информация о внешней среде, которую робот приобретает в процессе ее познания.

Робот может выполнять различные операции, степень сложности которых меняется от простого изменения направления движения до сборки нескольких предметов в определенное место комнаты. Робот не имеет манипулятора — руки, и поэтому перемещение предметов осуществляется простым их толканием по полу. Робот может перемещаться по кратчайшему пути в заданное место помещения, вычисленному таким образом, чтобы избежать столкновения с окружающими предметами.

Робот «живет» в реальной среде простых объектов: коробок различной формы, дверных проемов, стен и т. д. Его зрительная система выделяет информацию о такой среде из стандартного телевизионного изображения.

Искусственный интеллект робота находится отдельно от подвижной части. Это объясняется большими размерами ЭВМ того поколения. В настоящее время конструктивно-элементная база ЭВМ в виде больших интегральных схем позволяет уменьшить габариты ЭВМ на порядок и даже больше, поэтому возможность установки бортовой ЭВМ становится достаточно реальной.

У читателя может сложиться мнение, что с созданием «Шейки» все проблемы роботов такого типа уже решены. Это, конечно, не так. Робот «Шейки» — первая, очень ранняя и несовершенная модель, созданная для проверки некоторых теоретических положений. Кстати, «Шейки»

в переводе с английского значит трястись, трясушка. Несмотря на некоторые серьезные недостатки модели (невозможность работы в реальном масштабе времени, несовершенство конструкции и т. д.), эта разработка сыграла немалую роль в развитии робототехники, так как отдельные ее подсистемы послужили прототипами и для последующего создания более совершенных, а опыт работы с ней привел к постановке и развитию ряда новых задач. Можно сказать, что в этом заключается смысл, значение и судьба многих первых экспериментальных моделей в различных областях техники.

3. КОСМИЧЕСКИЕ РОБОТЫ

С незапамятных времен человек интересовался космосом, возможностью жизни на других планетах и установлением контактов с иными цивилизациями, если они существуют. Эта мечта человечества обрела реальную основу. XX век характеризуется большими достижениями в завоевании космоса. Человек не только впервые оторвался от Земли, но и уверенно покоряет околоземное пространство, делает успешные попытки изучить ближайшие планеты и «блуждающие страницы» космоса — кометы.

В наше время, после запуска искусственных спутников земли, орбитальных станций и дальних разведчиков вселенной типа системы «Вега», появились многочисленные исследования, посвященные научному анализу этой увлекательной проблемы, бывшей до этого только сюжетом научно-фантастических повестей.

Наблюдая стремительный темп исследований космоса, можно утверждать, что существует минимум три принципиально отличных направления исследования космического пространства: запуск человека в специальных летательных аппаратах; посылка в космос полуавтоматических телеуправляемых устройств; переброска в космос автоматических устройств, действующих автономно.

Первый путь дает возможность получить наибольший объем информации,

хорошо исследован при запуске и эксплуатации на орбите космических кораблей с космонавтами на борту. Но он сопряжен с большой опасностью для человека и может быть использован только после проведения длительных и всесторонних предварительных исследований.

Вспомним, как много было проделано предварительных опытов и полетов, прежде чем Ю. Гагарин смог подняться в космос и сделать только один виток вокруг Земли.

Второй и третий пути не сопряжены с риском для человека и поэтому могут успешно применяться на первых этапах исследования космического пространства. Второй путь проложили отечественные телеуправляемые роботы «Луноход-1» и «Луноход-2» — планетоходы, как назвал их А. Л. Кемурджиан, автор книги «Планетоходы» (М., «Машиностроение», 1982 г.). Третий путь — переброска в космос устройств, которые и являются роботами с искусственным интеллектом в полном понимании этого термина.

Современный уровень развития робототехники пока еще не соответствует требованиям, предъявляемым к космическим роботам, главным образом из-за ограниченных возможностей существующих роботов с точки зрения обработки информации. Поэтому в настоящее время ведутся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, рассчитанные на поэтапное создание таких роботов, которые могли бы решать сложные манипуляционные, управленческие и транспортные задачи, доступные сейчас только человеку.

В обозримой перспективе, может быть даже в 2000 г., можно ожидать появления космических роботов с высоким уровнем искусственного интеллекта, которые могли бы выполнять различные работы: переброску научной аппаратуры, грузов и космонавтов по поверхности других планет с помощью специальных транспортных роботов-планетоходов; выполнение в космосе контактной, дуговой и электронно-лучевой сварки, которую уже неоднократно проводили космонавты аппарату-

рой, созданной в Институте электросварки им. Е. О. Патона АН УССР; сборку и монтаж конструкций орбитальных космических станций, состоящих из отдельных элементов, доставляемых с Земли; проверку и ремонт станций, в том числе контроль состояния ее поверхности с помощью специальных датчиков, а также различные процедуры по заделке повреждений, трещин и других дефектов; обслуживание и ремонт искусственных спутников Земли орбитальных станций, включая технический уход, изъятие или замену вышедших из строя устройств, их периодическую очистку и заправку топливом; выполнение различных производственных процессов в космосе, научно-исследовательских работ и т. д.

Глубокий вакуум, невесомость, отсутствие загрязнения создают идеальные условия для выполнения некоторых технологических процессов, как например электронно-лучевой сварки, плавки и т. д. Основной принцип, который, по-видимому, будет прослеживаться во всех направлениях развития космических роботов, состоит в постепенном сокращении пребывания космонавта в открытом космосе за бортом станции и повышении уровня интеллектуальности роботов. Следовательно, будут постепенно усложняться их функциональные возможности.

Для решения этой сложной программы исследований можно наметить следующие разработки:

- совершенных методов обучения космических роботов, в том числе специальным проблемно-ориентированным языкам;

- точных и надежных манипуляторов, могущих работать длительное время в условиях невесомости и глубокого вакуума;

- совершенных систем технического зрения, высокоточных дальномеров и методов обработки получаемой информации;

- широкой гаммы быстросменных рабочих органов;

- программного обеспечения для моделирования и управления, планирования действий роботов;

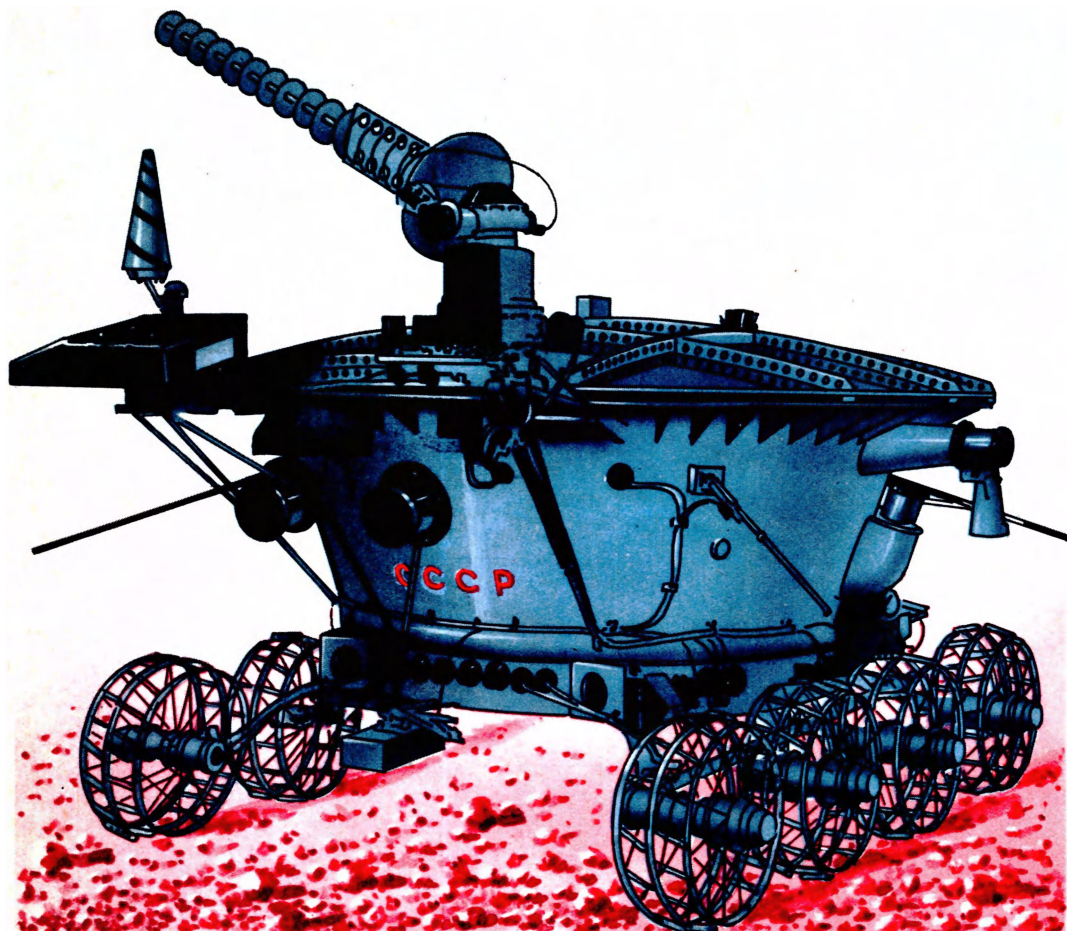


Рис. 26. Советский робот с дистанционным управлением «Луноход-1».

ПЛАНЕТОХОДЫ

совершенных источников энергопитания роботов;

сборочных роботов, требующих обобщения данных, поступающих от датчиков внешней информации (оптических, тактильных, усилия моментов и т. д.).

Особое внимание должно быть уделено архитектуре систем управления автономных и телеуправляемых роботов. Она должна быть организована по иерархическому принципу, согласно которому команды высокого уровня могут постепенно преобразовываться до уровня элементарных команд для двигателей приводов.

Можно с уверенностью сказать, что использование планетоходов в качестве транспортных средств для изучения планет и их естественных спутников при освоении человеком ближайших к Земле планет Солнечной системы в значительной степени расширит возможности направляемых на их поверхность экспедиций и автоматических лабораторий. Планетоходы, несущие на борту космонавтов и автоматическое исследовательское оборудование, позволяют существенно увеличить объем и повысить достоверность получаемой информации. А ряд операций и видов работ вообще немыслимы без применения транспортных средств, как на-

пример, различные виды работ с грунтом, рытье котлованов, нивелирование площадок, бурение, строительные работы и т. д. Планетоходы могут выполнять спасательные операции в случае аварии спускаемых аппаратов с космонавтами на борту.

Человечеству известны пока три модели планетоходов, действовавших на поверхности нашей ближайшей соседки по космосу — Луны. Это советские самоходные исследовательские аппараты «Луноход-1», «Луноход-2» и американские типа *LRV*. Они являются выдающимися образцами инженерного творчества. Опыт их создания и эксплуатации на Луне дал богатый материал по принципам проектирования, изготовления многих элементов конструкции и управления. Этот опыт, несомненно, будет использован при создании планетоходов для других планет Солнечной системы.

Читатель вправе задать вопрос: «Ведь планетоходы «Луноход-1» и «Луноход-2» — это роботы с дистанционным управлением, или как говорят, с диалоговым, интерактивным управлением. Почему они описаны в разделе «Роботы с искусственным интеллектом»? Автор считает, что эти планетоходы являются важнейшим этапом в создании космических роботов и только поэтому приводит их описание.

«Луноход-1» представляет собой специальный контейнер круглой формы, установленный на самоходном шасси (рис. 26). Герметический контейнер является основной частью конструкции, в нем размещена аппаратура бортовых систем и защита ее от воздействия внешней среды. На «Луноходе-1» размещены научные приборы, антенны, телекамеры и телефотометры, радиатор системы терморегулирования, теплоизолирующей крышки с установленными на ней с внутренней стороны солнечными батареями.

Шасси «Лунохода-1» предназначено для перемещения аппарата по поверхности Луны. В состав его входят следующие агрегаты и системы: ходовая часть, включающая восьмиколесный движитель и индивидуальную эластичную подвеску колес; электрическая трансмиссия с

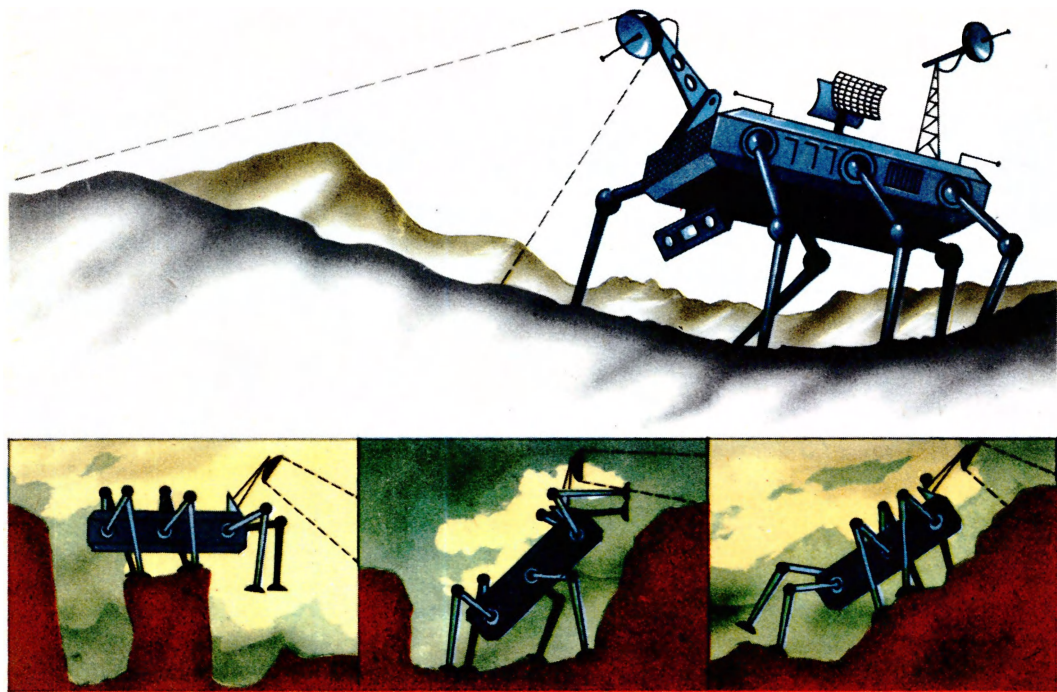
индивидуальным приводом колес; тормозная система; блок автоматики шасси; комплект информационно-измерительной аппаратуры.

Система электропитания лунохода, выполненная по схеме генератор — буферная аккумуляторная батарея, обеспечивает питание всех бортовых систем постоянным током. Первичным источником энергии является солнечная батарея, состоящая из большого числа групп фотопреобразователей. На луноходе имеется специальная аппаратура для ориентации солнечной батареи в пространстве. Достаточно сложной оказалась задача обеспечения температурного режима внутри аппарата, особенно при смене лунных ночи и дня.

Основные технико-эксплуатационные параметры «Лунохода-1» следующие: средняя скорость движения, количество команд и затраты времени на управление, частота попадания в опасные ситуации, загруженность колес шасси крутящим моментом и т. д. Средняя скорость движения «Лунохода-1» составляла 140 м/ч, максимальная продолжительность непрерывного движения — 50 с.

Дистанционное управление луноходом осуществляется с наземного пункта управления по радиоканалам дальней связи. Все основные решения по управлению принимаются экипажем на основании информации об окружающей обстановке, состоянии аппарата и его пространственном положении. Задача дистанционного управления аппаратом весьма сложная, так как по сравнению с ручным управлением резко сокращается объем полезной информации, совершенно исключаются слуховая и тактильная информация, весьма усложняется ориентация на местности.

Передаваемый по каналам связи объем информации и необходимость высокой скорости ее обработки, особенно во время движения аппарата, требуют применения современных вычислительных машин как на наземном пункте управления, так и на борту планетохода. Дистанционное управление применимо при относительно небольшом удалении исследуемой плане-



ты, когда запаздывание сигналов сравнительно невелико и исчисляется десятками секунд. При увеличении времени запаздывания сигнала средняя скорость движения планетохода должна быть резко снижена.

Проблему применения планетоходов следует рассматривать в широком плане. Вариант, когда планетоход управляется космонавтами, находящимися на борту, а также со станций управления, расположенных на Земле или на исследуемой планете, является не единственным. Особый интерес представляют планетоходы автономные, могущие передвигаться по поверхности других планет самостоятельно по заранее подготовленной программе. Планетоходы с таким принципом управления по-настоящему можно отнести к работам с искусственным интеллектом, действующим на поверхности космических объектов.

Система управления движением планетохода предназначена для изменения положений планетохода в условиях неорганизованной, неупорядоченной внешней среды с целью выполнения его основной

Рис. 27. Шестиногий шагающий робот, оборудованный бортовой ЭВМ, источниками питания, телевизионной камерой, приемной и передающей антенной.

транспортной задачи — перемещения по оптимальной трассе движения из одной точки поверхности в другую. Для этого система управления должна выполнять ряд функций, связанных с восприятием информации, ее оценкой, выработкой решений и выдачей команд на исполнение решений.

При дистанционном управлении некоторая часть этих функций может выполняться бортовой аппаратурой управления, а часть функций возлагается на оператора или группу операторов, находящихся в наземном пункте управления. Однако трудности дистанционного управления планетоходом резко возрастают с увеличением расстояния между ним и пунктом управления. Возможности обмена информацией ограничиваются пропускной способностью канала связи и временем запаздывания сигнала, приходящего из отдаленных космических объектов.

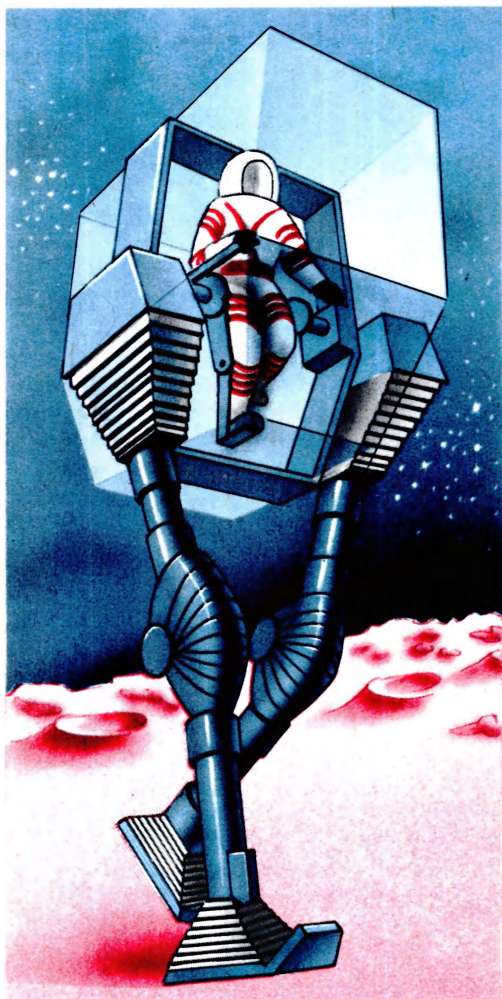


Рис. 28. Шагающий двуногий механизм, экзоскелетон с находящимся внутри космонавтом.

Из этого следует вывод, что во многих случаях, особенно при больших удалениях, целесообразнее применение автоматического планетохода. Тогда функции человека сводятся к указанию пунктов движения и текущих задач робота-планетохода, а также к контролю за его поведением.

Одним из важных вопросов, который должен быть решен при создании робота-планетохода, является выбор механизма передвижения, который может быть

колесным, гусеничным, шагающим и комбинированным (например, колесно-шагающим), и источника энергии.

Шагающие механизмы привлекали внимание ученых и инженеров уже давно. Еще в прошлом столетии одним из первых русский математик П. Л. Чебышев занимался созданием шагающих механизмов.

Весьма интересные исследования этого способа передвижения были начаты в конце 50-х годов нашего столетия. Важные работы выполнены в Институте прикладной математики им. Келдыша АН СССР под руководством член-корр. АН СССР Е. Охочимского.

На рис. 27 приведен общий вид и отдельные положения шагающего шестиногого робота, преодолевающего пересеченную местность, а на рис. 28 — общий вид экзоскелетона, т. е. механизма, управляемого человеком, находящимся внутри, предназначенного для передвижения по поверхности других планет.

Энергетические установки роботов-планетоходов должны удовлетворять ряду требований. Они должны обладать повышенной надежностью, иметь продолжительный срок службы, высокую удельную мощность, малую массу и компактность, высокие радиационную стойкость, устойчивость к ударным и вибрационным нагрузкам. Любой тип энергетической установки должен включать первичный источник энергии, преобразователь первичной энергии в электрическую и устройства его управления. Первичные источники энергии могут быть химические, ядерные или солнечные.

Все сказанное в этом разделе может быть применимо и для планетоходов, предназначенных для исследования труднодоступных районов нашей Земли.

СВАРКА В КОСМОСЕ

Космические орбитальные станции 70-х годов — по существу хорошо оборудованные научно-исследовательские лаборатории, надежно функционирующие на околоземной орбите длительное время.

Сейчас стоит проблема создания различных, пока экспериментальных, космических аппаратов следующего поколения — орбитальных станций с многочисленным экипажем, оснащенных радиотелескопами, специальными антеннами и системами гелиоэнергетики. Причем по мере удлинения их срока жизни растет интерес к задачам их обслуживания и ремонта, а по мере увеличения их массы и габаритов — к задачам разворачивания, сборки и монтажа в открытом космосе. С этой точки зрения особую важность приобретают вопросы создания неразъемных соединений и резки металлов в космосе.

Первые исследования сварки в космосе были проведены по инициативе академика С. П. Королева учеными Института электросварки им. Е. О. Патона АН УССР еще в 1969 г. Подготовка этого эксперимента потребовала проведения обширных научных исследований, связанных с особенностями космоса как среды для выполнения технологических операций с расплавленным металлом. Немаловажным является также и то, что условия космического пространства воздействуют необычным образом не только на обрабатываемые материалы, но и на человека-оператора. Это обстоятельство может оказаться решающим при распределении функций между человеком-оператором и роботом. Сложность планируемой работы усугублялась практически полным отсутствием аналогичных исследований у нас в стране и за рубежом.

Прежде всего предстояло из большого количества существующих способов сварки выбрать наиболее перспективные в отношении возможностей их использования в космосе. На первых этапах исследований были отобраны следующие способы сварки: электронно-лучевая, дуговая плавящимся электродом, плазменная, контактная, холодная и диффузионная. Были созданы специальные аппараты и разработаны оригинальные методики.

Впервые исследования были проведены в 1965 г. на летающей лаборатории ТУ-104, позволяющей кратковременно

(до 25—30 с) воспроизвести состояние невесомости.

Первый в мире эксперимент по сварке в космосе был выполнен на установке «Вулкан» 16 октября 1969 г. экипажем космического корабля «Союз-6» — летчиками-космонавтами В. И. Кубасовым и Г. С. Шониным. Было показано, что в космосе процессы плавления, сварки и резки металлов электронным лучом протекают стабильно, обеспечиваются необходимые условия для нормального формирования сварных соединений.

К началу 70-х годов вопрос о принципиальной выполнимости автоматической сварки в космосе был решен.

В ИЭС им. Е. О. Патона АН УССР была разработана, спроектирована и изготовлена электронно-лучевая установка «Испаритель» для термического испарения и конденсации различных веществ, которая была испытана в июне 1979 г. на космической станции «Салют-6» космонавтами В. В. Рюминым, В. А. Ляховым, Л. И. Поповым и другими. Был накоплен опыт работы в космосе и очень ценный экспериментальный материал.

Зародившееся в шестидесятые годы направление космической технологии — сварка в космосе — сегодня полностью обрело права гражданства и интенсивно развивается. В настоящее время, конечно, трудно представить все многообразие задач, которые выдвинет перед учеными интенсивно развивающаяся космонавтика, но можно сказать с уверенностью, что заложены основы космической технологии сварки, связанной с созданием сварочных роботов с искусственным интеллектом.

Читатель вправе задать вопрос: «А как же обстоит дело с созданием сварочных роботов у нас, на Земле?» В настоящее время во многих странах, в том числе и в СССР, созданы и достаточно широко применяются роботы для контактной точечной и дуговой сварки. Правда, это роботы первого поколения, но уже сейчас созданы экспериментальные и опытные образцы адаптивных сварочных роботов. На очереди сварочные роботы с элементами искусственного интеллекта.

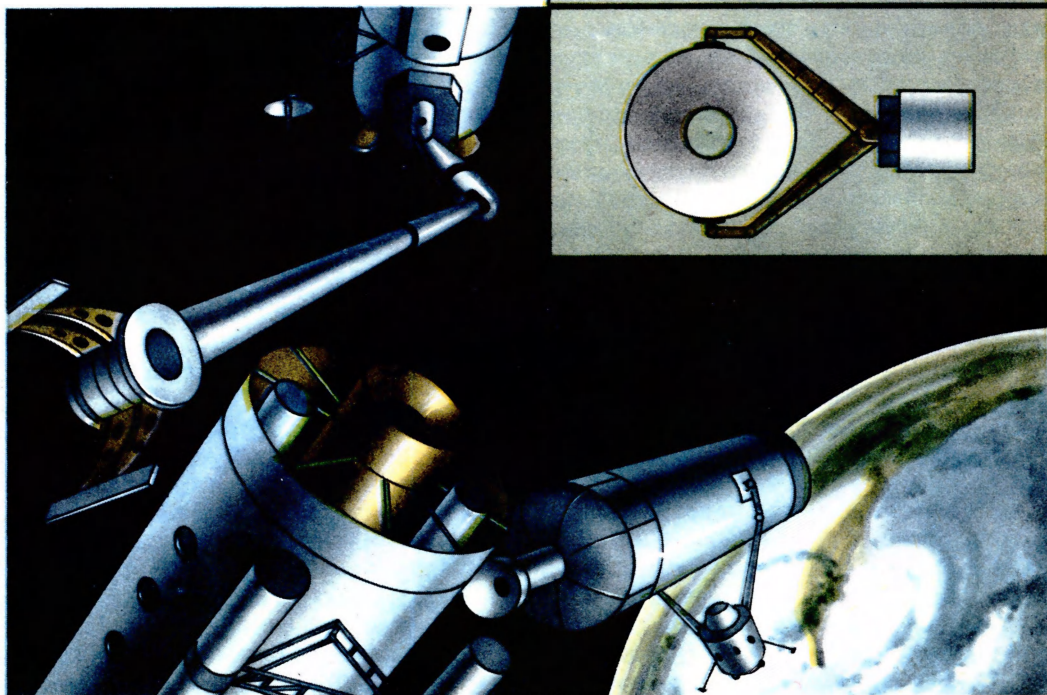
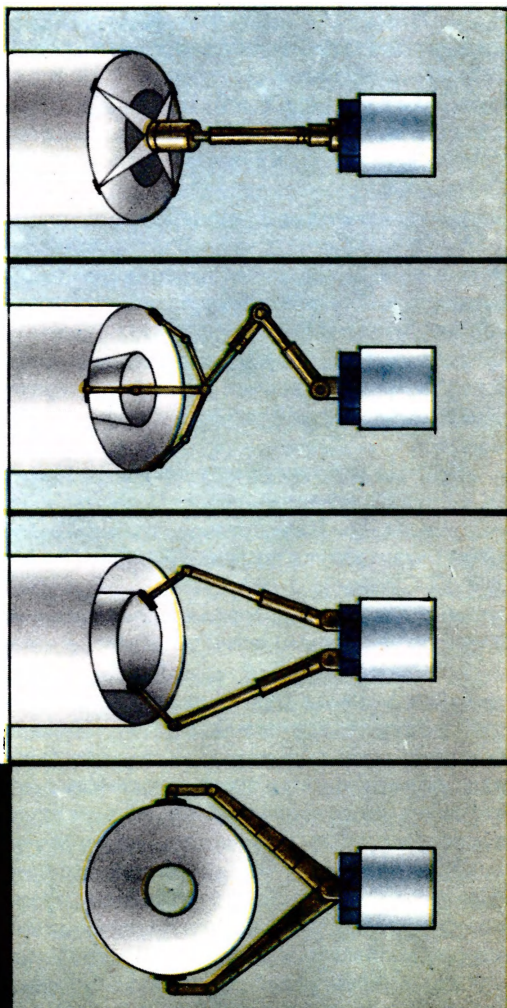
Автор полон оптимизма и считает, что имея опыт новой технологии сварки в космосе и создания земных сварочных роботов, можно надеяться на успешное решение задачи создания космических сварочных роботов с нужным интеллектуальным уровнем в обозримо короткое время.

А какой у них будет внешний вид, как они будут устроены? На этот вопрос сейчас ответить трудно, но, по-видимому, в ближайшие годы мы приблизимся к пониманию этой задачи.

ПЕРСПЕКТИВЫ СБОРКИ И МОНТАЖА КОНСТРУКЦИЙ ОРБИТАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

Сборочные работы в космосе (рис. 29), проверка, ремонт и обслуживание искусственных спутников Земли имеют мно-

Рис. 29. Фрагменты сборочных космических роботов, предназначенных для монтажа орбитальных станций и четыре варианта манипуляторов, предназначенных для перемещения изделий в условиях невесомости.



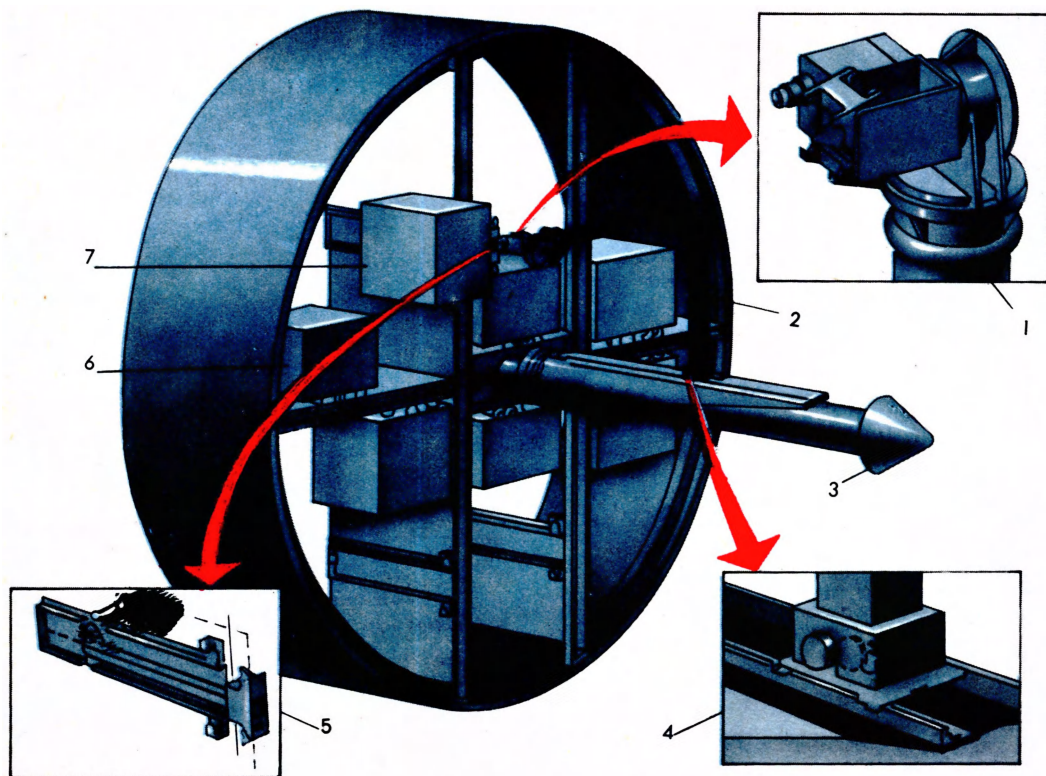


Рис. 30. Стержневой манипулятор орбитального космического корабля:

1 — концевой захват; 2 — манипулятор робота; 3 — стыковочный узел; 4 — прямолинейные направляющие; 5 — механизм крепления сменных модулей; 6 — стеллаж для складирования; 7 — стандартный сменный модуль.

го общего с точки зрения схемы выполнения этих операций. Роботы, предназначенные для сборочных и ремонтных работ, не должны входить в состав искусственного спутника, так как это нецелесообразно. Ведь такой робот с системой управления используется редко, а масса его достаточно велика. Примерно такие же соображения, хотя может быть не столь очевидные, можно высказать и по отношению к орбитальным космическим станциям.

Таким образом, космические обслуживающие роботы должны существовать отдельно и могут быть использованы для ремонта и обслуживания разных объектов. По-видимому, такой робот будет сложнее, нежели робот, установленный непосредственно на спутнике, но зато он может обслуживать несколько объектов. Такой принцип технического обслуживания давно хорошо себя зарекомендовал в земных условиях.

Один из вариантов обслуживающего робота, опубликованный в книге Р. Эйриса и С. Миллера «Перспективы развития робототехники» (М. «Мир», 1986 г.), представлен на рис. 30. Он состоит из цилиндрической оболочки, в центре которой имеется стыковочный узел, обеспечивающий точное и неподвижное соединение робота с обслуживаемым объектом. Такое расположение робота и обслуживаемого объекта совершенно необходимо, так как в условиях невесомости даже небольшое усилие может повлечь за собой разъединение их в пространстве и последующее неуправляемое движение. Кроме того, обслуживание объекта всегда в одном и том же положении существенно

упрощает задачу управления манипулятором. На оси штыря расположен манипулятор рычажной компоновки с пятью—шестью управляемыми координатами, несущий быстросменный рабочий орган. Внутри цилиндрической оболочки расположены гнезда, в которых находится система управления манипулятором, набор рабочих органов различного назначения, запасные блоки и модули для замены вышедших из строя. По-видимому, обслуживающий робот должен иметь свою систему управления и бортовые двигательные установки для перемещения его в пространстве.

Такой принцип обслуживания и ремонта космических объектов налагает на конструкторов большие требования по созданию взаимозаменяемой модульной конструкции. Ведь замена вышедшего из строя блока должна быть технологически достаточно простой. Модульный (агрегатный) принцип давно получил распространение в промышленности всех стран, является единственным целесообразным путем создания широкой гаммы конструкций из ограниченного набора стандартных модулей и, несомненно, найдет широкое применение и в конструкциях космических объектов.

Проблема создания и применения специальных обслуживающих космических роботов находится на первом этапе своего развития, когда обсуждаются основные принципиальные вопросы. Возможно, что мы еще станем свидетелями появления первых экспериментальных образцов таких роботов.

4. ПОДВОДНЫЕ РОБОТЫ

Мировой океан является громадным биохимическим реактором, с которым связано прошлое, настоящее и будущее всей человеческой цивилизации.

На дне океанов имеются богатейшие месторождения минералов и топлива, нефти, газа, углекислого газа и других ценных источников сырья. Под морским дном расположены громадные залежи железной руды, угля, молибдена, меди, цинка

и россыпи тяжелых металлов, образованных в результате медленного процесса осаждения их из морской воды.

Морские просторы таят в себе громадные резервы питательных продуктов, как например, всевозможные виды рыб и животных, различные типы съедобных растений, как например, морская капуста, представляющие большую ценность в рационе людей и домашних животных.

Мировой океан хранит в себе большое количество тайн, связанных с существованием древних поселений человека.

Изучение глубин мирового океана позволяет получить много ценной информации о геологическом прошлом Земли, подводных течениях, а значит, и климате различных регионов нашей планеты. Мировой океан является гигантским аккумулятором тепла, в значительной степени определяющим условия жизни на континентах.

Даже такое краткое описание основных характеристик мирового океана уже позволяет понять всю важность его исследования. Однако изучение глубин океана сопряжено с большими, иногда труднопреодолимыми препятствиями.

Как известно, нахождение в воде человека без специального снаряжения ограничено временем в несколько минут и небольшой глубиной, до нескольких десятков метров. Применяя кислородные аппараты, можно продлить время пребывания под водой, но опять-таки на небольшой глубине. Увеличение глубины погружения может быть достигнуто с помощью водолазных костюмов, но и тогда сказывается эффект кессонной болезни, резко усложняющей процесс подъема на поверхность из-за выделения из крови пузырьков растворившегося азота. До настоящего времени проведение подводных работ в водолазном снаряжении опасно для жизни.

С сожалением надо отметить, что несмотря на новейшую навигационную технику вождения судов, до настоящего времени происходят аварии и катастрофы надводных и подводных судов, сопряженные с гибелью людей и ценных грузов.

Особенно трагично складываются обстоятельства, когда подводные лодки по разным техническим причинам уходят на дно, и экипаж обречен на гибель из-за недостатка воздуха. История хранит много таких случаев. Как правило, спасение экипажа подводной лодки обычными способами, без специального оборудования, невозможно.

Не удивительно, что мысли ученых, инженеров и конструкторов были направлены на создание технических средств, которые позволили бы человеку исследовать океан на большой глубине и длительное время, причем не только с целью наблюдения, но и для активной деятельности.

На протяжении ряда лет в разных странах создавались специальные глубоководные аппараты для изучения морского дна. Эти аппараты представляли собой прочный корпус, в котором находились исследователи, с иллюминаторами для наблюдения, источниками света и системами жизнеобеспечения воздухом. Аппарат опускался на дно с помощью тросов с корабля-матки, связь исследователей с кораблем обеспечивалась по телефону. Создание глубоководных аппаратов позволило получить ценную информацию о рельефе, жизни глубоководных организмов и растений и т. д. Однако такой путь опасен для жизни людей и может быть использован как пассивное средство наблюдения.

Накопив известный опыт в пассивном изучении морских глубин, люди встали на путь создания необитаемых телеуправляемых подводных аппаратов-роботов, которые освободят людей от опасности больших глубин и позволят резко расширить возможности активных действий.

И снова, как и при рассмотрении раздела «Космические роботы», возникает вопрос о разнице между телеуправляемым роботом и роботом с элементами искусственного интеллекта. Правда, в отличие от космических при управлении подводными роботами не возникают трудности задержки сигналов по времени, связанных с очень большими расстояниями. Од-

нако ограничения по пропускной возможности линии связи остаются.

Разработку таких телеуправляемых аппаратов для исследования глубин мирового океана рассматривают как промежуточный этап на пути к созданию автономного робота, так как дистанционно управляемые роботы содержат подсистемы управления, функциональное назначение которых такое же, как у автономных, различие состоит лишь в степени автоматизации.

Подводный робот должен функционировать в так называемой недетерминированной среде, с низкой степенью организации. Следовательно, одной из первых задач выработки тактики управления является оценка обстановки с помощью различных датчиков внешней информации.

В настоящее время предложена классификация подводных роботов.

По типу выполняемых исследований и работ подводные роботы разделены на гидрофизические, геологические, биологические, поисковые, рабочие. Среди этих видов роботов особого внимания заслуживают два последних. Первые предназначены для поиска затонувших объектов. Обычно они оборудованы фото- и киноаппаратурой, телевизионной системой и некоторыми другими приборами. Получаемая информация может быть передана на обеспечивающее судно сразу либо зафиксирована для дальнейшей обработки после всплытия. Рабочие роботы предназначены для выполнения под водой на грунте или затонувшем объекте различных монтажных, демонтажных и ремонтных работ. Роботы такого типа обязательно должны быть оборудованы одним или двумя манипуляторами с соответствующими рабочими органами и другим специализированным оборудованием.

По способу движения в водной среде подводные роботы могут быть разделены на плавающие, шагающие, перемещающиеся по грунту с помощью специальных движителей (колесного, гусеничного и т. д.). Большинство исследователей считают, что наиболее перспективным типом являются плавающие роботы.

По способу электропитания различают привязные и автономные подводные роботы. Первые имеют канал связи в качестве силового кабеля, по которому передается электропитание, с судна поступает информация к нему и осуществляется управление роботом.

Создание системы управления высокого уровня требует мощного бортового вычислительного комплекса, имеющего значительную массу, объем и энергопотребление, что приводит к увеличению общей массы, размеров робота и потребляемой мощности для перемещения по дну океана. При работе на глубине более 2000 метров передача электроэнергии с обеспечивающего судна становится все более затруднительной в связи с большим электрическим сопротивлением кабеля. Длинная кабельная линия существенно сковывает движения робота, лишает его маневренности, ограничивает зону работы и передает возмущения, вызванные качкой и дрейфом судна. Кроме того, обеспечивающее судно должно непрерывно следить и маневрировать с целью уменьшения натяжения кабельной линии и ее возмущающим действием на робота.

В то же время подводные роботы привязного типа обладают неограниченной возможностью по электропитанию, что в некоторых ситуациях может быть решающим фактором.

Автономные подводные роботы имеют бортовой источник электропитания в виде аккумуляторной батареи. Такие роботы могут исследовать значительно большие пространства, двигаться по любой заданной траектории, так как они не связаны с судном обеспечения кабелем.

По виду информационной связи подводные роботы могут быть разделены на кабельные и роботы с гидроакустической связью. Передача информации по кабелю является достаточно надежным способом, однако при этом сохраняются все недостатки, присущие привязному роботу. Информационная связь с автономными подводными роботами обычно осуществляется по гидроакустическому каналу. Этот канал отличается некоторой неста-

бильностью. Реальной остается возможность использования этого канала для роботов с элементами искусственного интеллекта, когда объем передаваемой информации в ту и другую сторону относительно невелик.

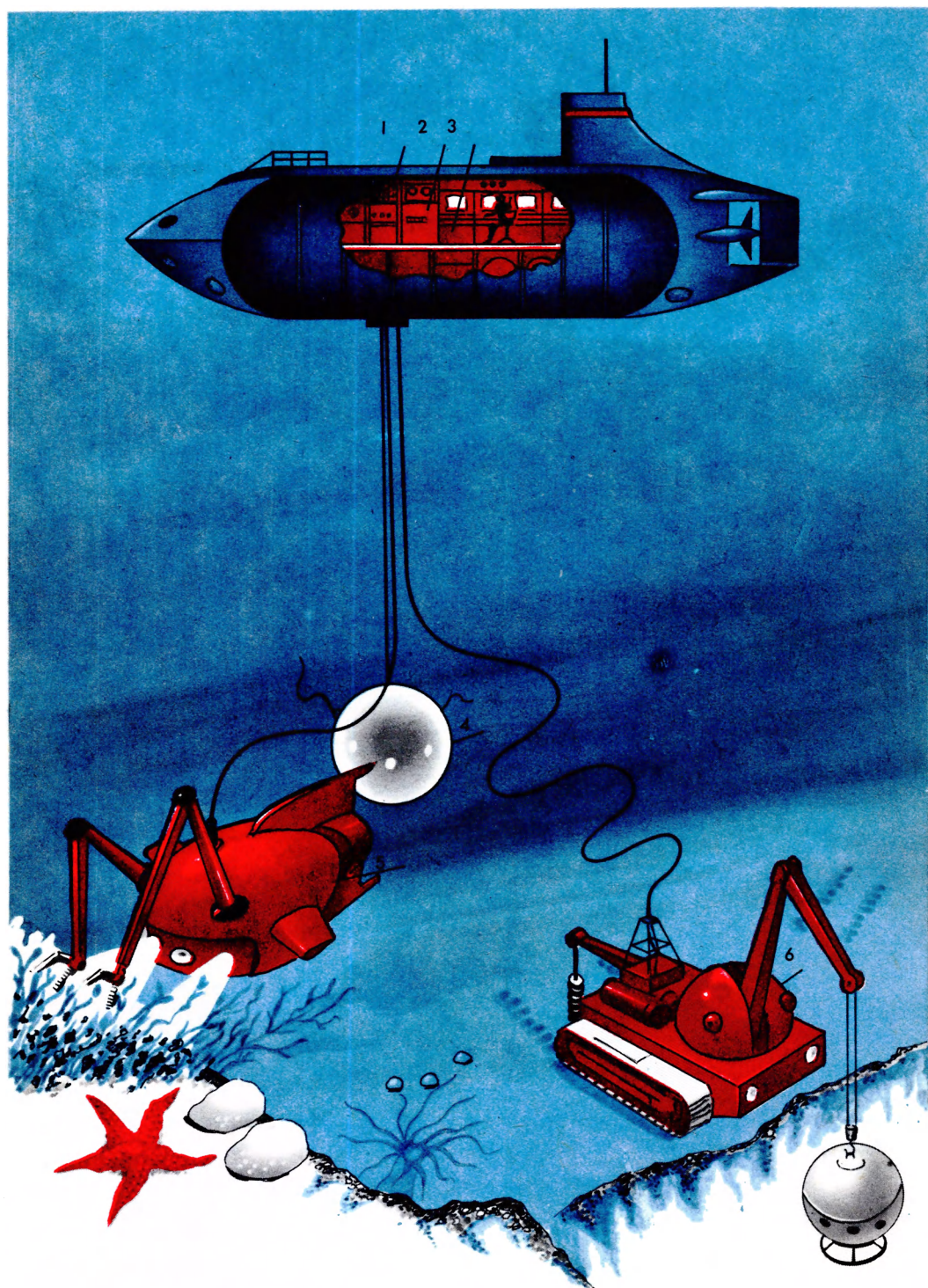
Кроме приведенной классификации роботов, предлагается делить их на рабочие, информационные, обслуживающие измерительную аппаратуру и роботы-консультанты.

Подводные роботы представляют собой сложные устройства, основная, несущая часть или корпус подводного робота может иметь форму эллипсоида для уменьшения сопротивления воды при движении. На корпусе устанавливается один или два манипулятора, предназначенные для активного воздействия на окружающую среду, как например, сбора проб грунта, ремонтных работ на затонувших объектах и т. д. Подводный робот должен функционировать в недетерминированной среде с низкой степенью организации, поэтому одной из первых задач выработки тактики поведения является оценка окружающей обстановки с помощью сенсорной системы, т. е. датчиков внешней информации. В корпусе подводного робота располагаются система управления роботом, средства связи с оператором и источники электропитания. Кроме того, подводный робот должен быть оборудован движителями, позволяющими ему перемещаться в заданном направлении с нужной скоростью. Возможность выполнения задач различной сложности будет определяться совершенством его искусственного интеллекта.

На рис. 31 показаны телеуправляемые подводные роботы, на рис. 32 — общий вид подводного робота, на рис. 33 — очувствленный схват. На рис. 34 приведен опытный образец шагающего механизма подводного робота.

Рис. 31. Подводные телеуправляемые роботы:

1 — центральный пульт управления; 2 — система управления роботами; 3 — устройство обработки информации дисплеями; 4 — исследовательский зонд; 5 — подводный аппарат с манипуляторами; 6 — подводный аппарат с гусеничным движителем.



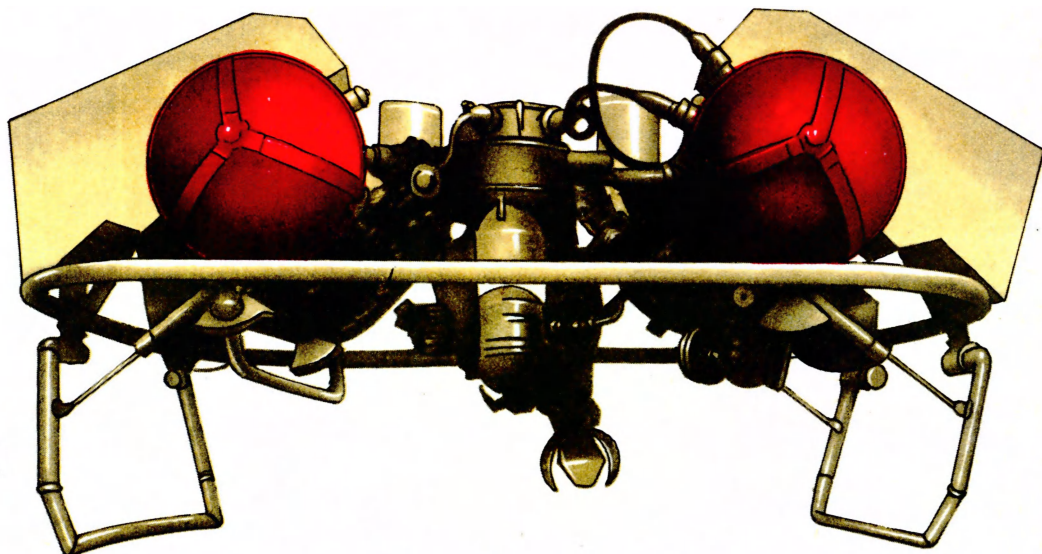
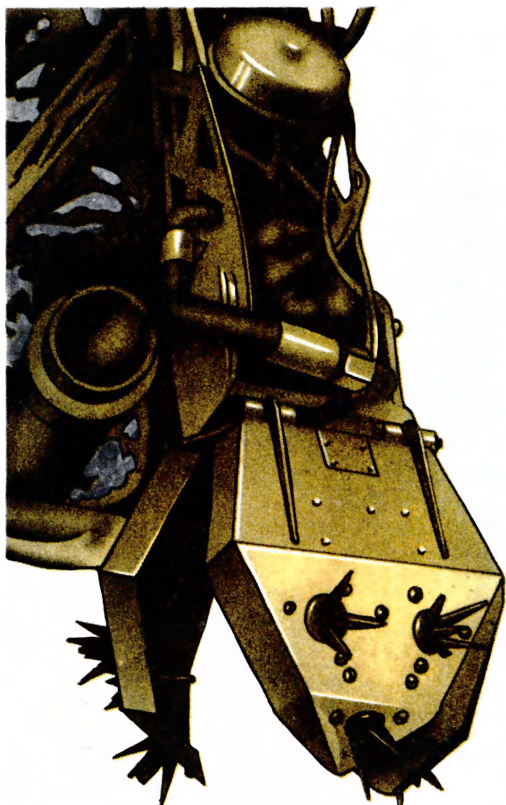


Рис. 32. Общий вид подводного робота.



Если говорить о будущем подводных роботов, то можно выделить три основные подпроблемы: создание совершенных конструкций роботов с использованием современных композитных материалов; разработка совершенного искусственного интеллекта, оснащенного развитой сенсорной системой для получения внешней информации; решение задачи энергоснабжения робота с целью повышения автономности и его радиуса действия. С уверенностью можно сказать, что подводным роботам принадлежит будущее.

5. СБОРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

В последние годы во многих странах интенсивно развивается роботизация сборки. Это становится одним из ведущих направлений применения роботов в промышленности. Прежде всего надо сразу уточнить, что речь идет о роботизации мелкосерийного и серийного производства. В условиях массового и крупносерийного производства, удельный вес которого составляет примерно 25 %, приме-

Рис. 33. Общий вид оцувствленного хватного устройства подводного робота.

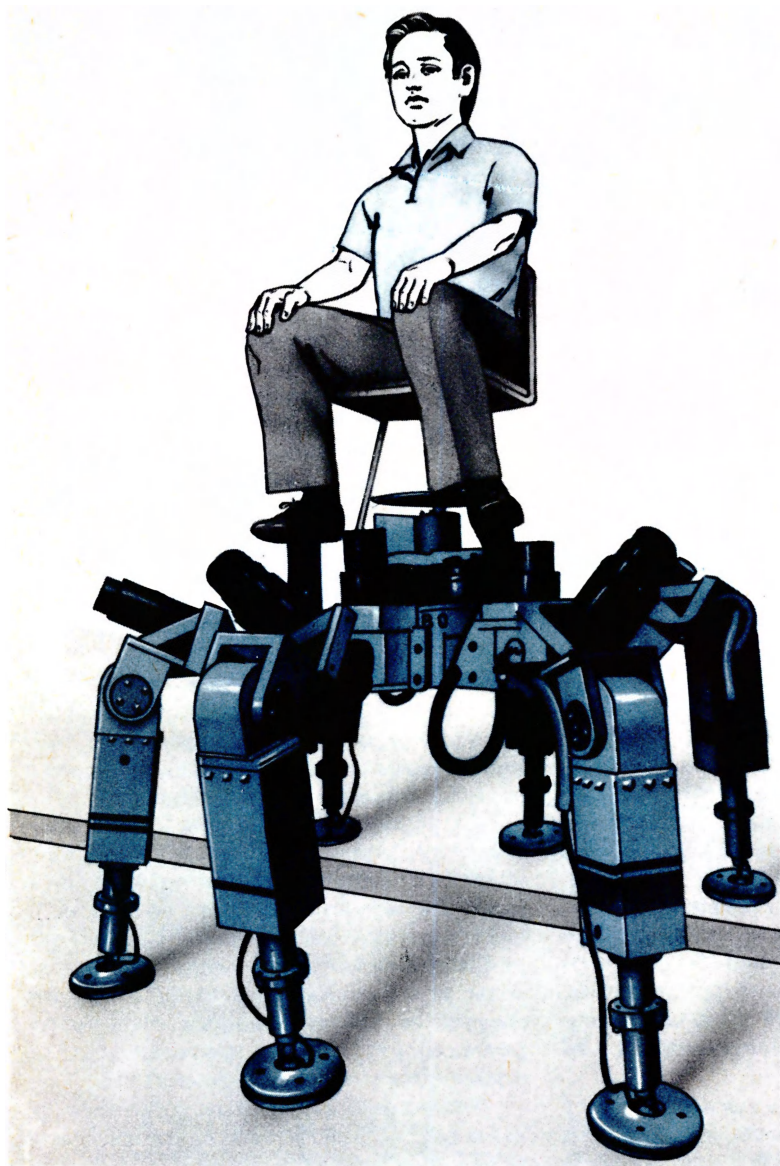


Рис. 34. Шагающий
шестиногий меха-
низм, предназна-
ченный для передви-
жения под водой (Япо-
ния).

ние роботов, в том числе для сборки, нецелесообразно — там может быть использовано другое автоматическое оборудование, имеющее «жесткие» системы управления.

Для того чтобы изложить состояние и перспективы роботизации процессов сборки, автор считает необходимым кратко описать объект роботизации. Сборка в машиностроении — это процесс объ-

единения отдельных деталей, подузлов и узлов в готовое изделие по заранее разработанной технологии. Деталью называется часть изделия, выполненная из соответствующего материала как одно целое и являющаяся первичным звеном сборки. Узел — часть изделия, представляющая собой соединение некоторого количества деталей независимо от вида соединений и методов их выполнения. Далее

по восходящей степени сложности могут быть предложены подгруппы и группы узлов.

Различают конструктивные и сборочные элементы изделий. Конструктивные элементы определяются функциональным назначением их в машине независимо от порядка выполнения сборки. Сборочные элементы представляют собой узлы и детали машин, которые могут быть собраны отдельно и независимо от других элементов изделия.

Схема изделия средней сложности может быть представлена в виде иерархической структуры (дерева), внизу которой расположены отдельные детали и вверху — готовые изделия.

Все многообразие выполняемых при сборке соединений можно привести к следующим четырем типам: неподвижные разборные и неразборные соединения, подвижные разборные и неразборные соединения.

Неподвижные соединения обеспечивают неизменное взаимное положение собранных деталей или узлов. Подвижные соединения обеспечивают возможность определенного взаимного перемещения деталей. Разборными называют соединения, которые могут быть разобраны без особых затруднений и без повреждения сопряженных или крепежных деталей. Неразборные — соединения, разборка которых в процессе эксплуатации не предусмотрена, крайне затруднительна, требует больших усилий или сопровождается повреждением сопряженных деталей.

В процессе сборки человек выполняет большой перечень разнообразных работ, в том числе: обрубку, опиловку, шабровку, притирку, отделку абразивным инструментом, различную обработку отверстий (сверление, нарезание резьбы, зенковка, развертка и др.), промывку и очистку деталей. При сборке применяется клепка, контактная точечная и дуговая сварка, склеивание деталей, соединение с натягом, разнообразные винтовые соединения. Помимо перечисленных операций сборщик выполняет большое количество

транспортных, вспомогательных операций — перемещает мелкие и крупные детали в пространстве, в основном от лотков-накопителей к собираемому изделию.

В машиностроении различаются сборки по принципу индивидуальной пригонки, полной взаимозаменяемости и ограниченной взаимозаменяемости. Кроме того, имеется так называемая селекционная сборка, которая осуществляется методами непосредственного подбора и предварительной сортировки деталей на группы, а также комбинированным методом.

Организационные формы сборки зависят от типа производства, размера выпуска, трудоемкости процесса сборки и других факторов. Существуют три основные организационные формы сборки.

Стационарная сборка (рис. 35, а) выполняется на одном сборочном посту, к которому подаются все необходимые детали, узлы и материалы. Таким образом собираются самолеты, тяжелые изделия типа турбин, металлорежущие станки т. д. Транспортировка этих изделий по цеху либо невозможна, либо трудноосуществима и совершенно нецелесообразна.

Подвижная сборка (рис. 35, б) осуществляется при перемещении собираемого изделия от одного сборочного поста к другому. На каждом из таких постов рабочими выполняется только одна определенная и повторяющаяся операция. Детали, узлы и материалы подаются к соответствующим рабочим местам сборочного поста, оборудованного необходимыми инструментами и приспособлениями.

Наиболее характерным примером подвижной сборки может служить сборка легковых и грузовых автомобилей на конвейере, широко распространенная на большинстве автомобилестроительных заводов всех стран. Кузова легковых и кабины грузовых автомобилей укреплены на специальном конвейере, который перемещается вдоль цеха. Рабочие-сборщики выполняют соответствующие операции, и в конце конвейера с него сходит готовая машина. Контактная точечная сварка кузовов производится так же.

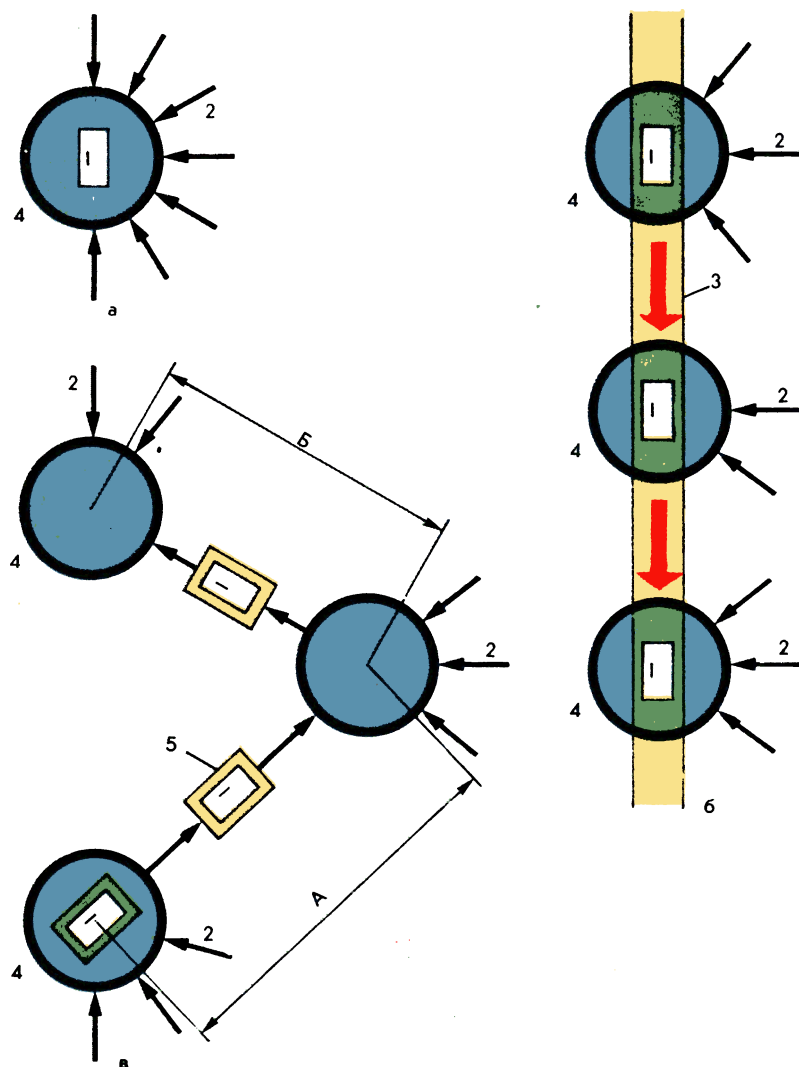


Рис. 35. Виды организации сборочных операций, выполняемые на одном сборочном посту (а), на движущемся конвейере (б), с помощью специальных транспортных роботов, называемых робокарами (в): 1 — собираемое изделие; 2 — комплектующие; 3 — конвейер (как правило пульсирующий); 4 — зона действия робота-сборщика; 5 — транспортный робот-робокар, несущий на себе изделие.

Следует обратить внимание на то, что в подавляющем количестве такие конвейеры движутся непрерывно с определенной скоростью. Исследования, проведенные социологами, показали, что на постоянно движущемся транспортере рабочий работает лучше, чем на пульсирующем. Фиксированное время, отведенное для выполнения операции сборки, излишне утомляет человека. Применение роботов на сборочных и сварочных операциях привело к однозначному выводу: для успешного

функционирования роботов значительно лучше пульсирующий конвейер. Программирование робота в движущейся системе координат возможно, но значительно сложнее. Кроме того, уменьшается точность позиционирования робота.

В последние годы некоторые передовые автомобилестроительные фирмы отказываются от традиционных принципов подвижной сборки с применением конвейеров и транспортеров. Объясняется это тем, что сам принцип конвейерной сборки

затрудняет перестройку предприятия на новую модель автомобиля. Взамен традиционного транспортера создаются отдельные посты сварки и сборки. Изделие перемещается между ними по программе с помощью специальных транспортных роботов, именуемых робокарами (рис. 35, в). Вся система управляется единой ЭВМ, а на каждом робокаре есть своя бортовая ЭВМ. Такая многопостовая транспортная система сборки обладает высокой мобильностью и может быть в кратчайшие сроки переведена на выпуск другого типа изделия. Примером может быть известная система «Робогейт», созданная автомобильным концерном «Фиат» совместно со станкостроительной фирмой «Коммау».

Удельный вес сборочного производства в общем цикле изготовления изделия колеблется в широких пределах — от 20 до 60 %. Наиболее часто эта величина равна 30 %.

В настоящее время имеются совершенно очевидные достижения робототехники и роботостроения, но уровень использования роботов в сборочном производстве существенно ниже, чем в других производственных процессах.

По-видимому, такое положение зависит и определяется некоторыми особенностями сборочных процессов, которые сводятся к следующим: высокая точность ориентирования и позиционирования сопрягаемых деталей, многовариантность технологического процесса сборки, необходимость постоянной обратной связи в ходе сборочного процесса, высокий уровень манипулирования деталями, приложение фиксированных усилий в некоторых операциях, необходимость определения базовых поверхностей, большое количество специальных приспособлений и оснастки.

Роботизация сборочных процессов связана с разработкой достаточно совершенной манипуляционной системы, заменяющей руки человека при осуществлении сложных координированных движений. Но эти обстоятельства не единственные, усложняющие применение роботов в сборочном производстве.

При выполнении сборочных операций робот часто должен делать выбор между запланированной последовательностью и последовательностью, которая возникает в связи со сложившимися в данный момент условиями сборки. Такие ситуации можно разделить на два класса. К первому относятся те случаи, когда выбор связан с обнаружением допущенной при сборке ошибки, например взятием другой детали, и исправлением этой ошибки. Второй класс образуется теми ситуациями, когда выбор последовательности действий связан с координацией и синхронизацией процесса. Так например, при завершении очередного этапа сборки робот может подать соответствующий сигнал внешним устройствам и продолжать операцию или может ожидать внешнего сигнала к дальнейшей работе.

Если при сборке робот выполняет одну определенную последовательность операций, которая может быть прервана при возникновении ошибки или другой непредвиденной ситуации, то это будет так называемый фиксированный порядок.

Можно представить себе режим с переменным порядком, когда последовательность операций определяется не только общей технологией сборки, но и сложившейся ситуацией, что позволяет роботу выбрать рациональный или даже оптимальный по выбранным критериям качества вариант. Конечно, такой режим работы робота требует большого объема внешней информации и высокого уровня интеллекта. Данный режим позволяет роботу изменить план проведения сборки или перейти к сборке другого узла, если возникла непредвиденная задержка, а не ждать, когда придет оператор.

В стратегическом плане можно представить себе два подхода применения роботов для сборочных операций.

В первом варианте, когда детали отличаются известной нестабильностью размеров и форм, когда нельзя предусмотреть все возможные ситуации, следует применять роботы с искусственным интеллектом, оснащенные системами технического зрения, тактильными и другими

датчиками, что позволяет имитировать аналогичные действия человека-сборщика и принимать решения в зависимости от сложившейся ситуации.

Во втором варианте предусматривается гораздо более строгая дисциплина подготовки производства и высокий уровень управления производством. Необходимо обеспечить точную синхронизацию всего сборочного участка, своевременную подачу деталей и материалов в строго ориентированном пространственном положении, иначе говоря, предельно высокую организацию окружающей, внешней среды робота. При соблюдении этих требований возможно применение промышленных роботов, т. е. роботов первого поколения или простейших адаптивных роботов, например, с тактильными датчиками. Конечно, такие роботы должны отвечать требованиям по точности позиционирования, манипуляционным характеристикам, грузоподъемности и соответствующим параметрам схватов. Следует отметить, что второй путь требует существенной перестройки производства, возможен и экономически оправдан для изделий, которые идут крупными партиями. Для мелкосерийного и индивидуального производства такой путь вряд ли приемлем, так как расходы на организацию внешней среды могут оказаться весьма велики. В такой ситуации остается наиболее реальным первый путь.

Изложенные подходы к решению роботизации сборочных операций можно представить следующими тремя правилами: простое решение задачи роботизации возможно в условиях высокоорганизованной внешней среды, повторяющихся размерных характеристиках и пространственных положений деталей и собираемых изделий при отсутствии существенных различий их формы и конструкции;

порядок сложности проблемы роботизации сборки может быть понижен, если создать условия, при которых робот сможет оперировать с деталями или узлами по одному и тому же алгоритму, считая, что все поступающие детали строго одинаковы;

для определения всех изменений, возникших в процессе сборки, необходимо, чтобы робот был оснащен соответствующей адаптивной системой и искусственным интеллектом для перестройки работы механической системы манипулятора.

На основании изложенного можно с уверенностью утверждать, что применение для сборки роботов первого поколения — промышленных роботов — возможно отнюдь не всегда, только при соблюдении ряда очень серьезных требований.

Приведенные выше соображения позволяют автору сформулировать основные требования для роботов с искусственным интеллектом применительно к процессам сборки.

1. Робот может быть стационарным или подвижным.

Стационарный имеет зону обслуживания, гарантирующую доступ ко всем точкам собираемого изделия. Подвижный робот применяют только при сборке большого по габаритам изделия, как например, самолет.

2. Робот должен иметь совершенный манипулятор (один или несколько), обеспечивающий все технологические процессы сборки во всех точках собираемого изделия.

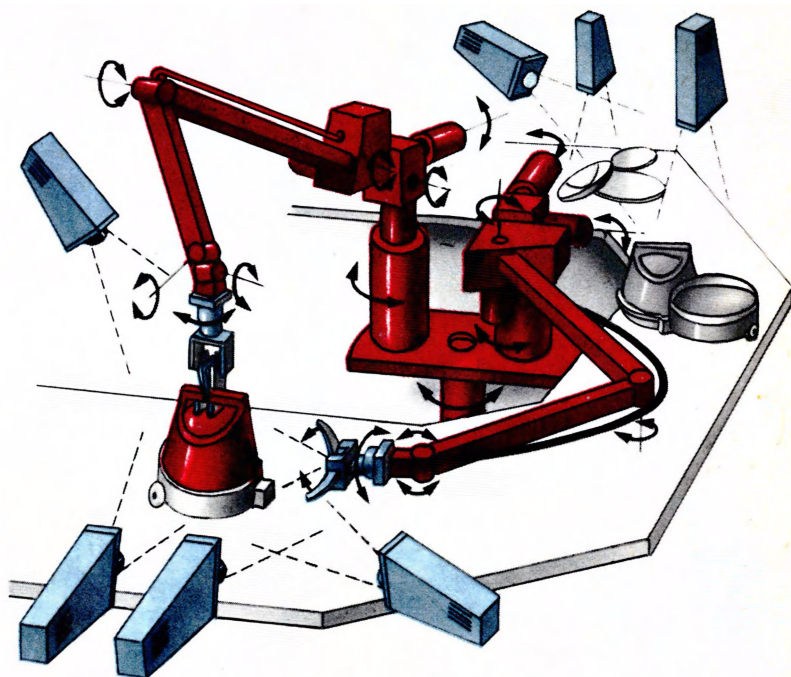
3. Необходимо, чтобы робот оснащался системой технического зрения, дающей необходимую информацию об окружающей среде — собираемому изделию и деталям к нему.

4. Робот должен иметь искусственный интеллект, который обеспечит принятие решений в любой сложившейся ситуации.

5. Программирование процесса сборки желательно осуществлять с помощью сборочного чертежа изделия, который, по-видимому, будет несколько отличаться от обычных сборочных чертежей, предназначенных для человека-сборщика.

6. Робот оснащают быстросменными рабочими органами, которые обеспечивают выполнение всех операций сборки (взятие детали, удержание, обработка отверстий, сварка и т. д.).

Рис. 36. Экспериментальный образец робота с искусственным интеллектом для сборки пылесоса (Япония).



В качестве примера на рис. 36 показан экспериментальный образец робота фирмы «Хитаچی» с искусственным интеллектом для сборки сложных изделий. Робот имеет два манипулятора с разветвленной системой восприятия информации с семью телекамерами. Роботом управляют две ЭВМ. Каждый манипулятор имеет восемь степеней подвижности, причем опоры манипуляторов вращаются вокруг вертикальных осей, имитируя поворот человеческого корпуса, со скоростью до 90° в с. Привод каждого манипулятора осуществляется от шагового электродвигателя через волновую передачу, систему тяг и цепных передач.

Левый манипулятор (силовой) предназначен для перемещения объектов по вертикали, а правый (сенсорный) обеспечивает прецизионные установочные перемещения объекта в горизонтальной плоскости. Силовой манипулятор снабжают вакуумным захватным органом для изделий малой массы либо механическим трехпалым схватом для поднятия тяжести. Сенсорный манипулятор имеет трех-

палый захватный орган, у которого пальцы равномерно распределяются по окружности и приводятся в действие микродвигателями постоянного тока, что позволяет им группироваться в оптимальном порядке или действовать самостоятельно. Объект в этом захватном органе фиксируется пальцами, прижимающими его к запястью. В центре запястья находится визуальный датчик, позволяющий распознавать небольшую часть поверхности объекта с малого расстояния (система рука — глаз). На пальцах размещено 30 датчиков (тактильные, давления и усилия). Большинство из них представляет собой пружину и фотоэлектрический преобразователь перемещений. Имеются ограничительные датчики давления, состоящие из пружины и конечного микровыключателя. Вне манипуляторов расположено семь телекамер, три из них с вертикальными осями обзорают участки зоны сборки, а четыре телекамеры с горизонтальными осями определяют ориентацию и взаимоположение заготовок и собираемого изделия.

В рабочей зоне манипуляторов находится стол шириной в один метр, разделенный на зону накопления деталей (справа) и зону сборки изделий (слева). На рис. 36 показана сборка пылесоса из трех узлов: фильтра в сборе, узла электродвигателя и корпуса пылесоса с пылесборником.

Визуально-тактильная система управления с обратной связью включает в себя две сблокированные между собой ЭВМ равного уровня: средней мощности модели Хидик-500 с многофункциональным процессором, осуществляющим общее управление процессом сборки и обработку визуальной информации, и мини-ЭВМ модели Хидик-150 с контроллером, обрабатывающим тактильную информацию и управляющим локальными движениями манипуляторов. Взаимосвязь обеих ЭВМ обеспечивает необходимую координацию действий манипуляторов. Программирование ЭВМ осуществляется на основе специального математического обеспечения, позволяющего, в частности, обрабатывать изображение деталей, лежащих навалом, методом оценки совершенства форм рассматриваемых предметов. Метод позволяет определить правильность овала верхнего фильтра пылесоса и «разрушить» в полученном кадре изображения фильтров, расположенных ниже. Кроме определения координат центра тяжести каждого из собираемых подузлов, алгоритм дает возможность распознавать ориентацию вокруг вертикальной оси, чтобы, например, захватить рукоятку корпуса пылесоса.

Координация телеинформации достигается переключением горизонтальных и вертикальных телекамер при постоянном определении с их помощью расстояний между собираемыми узлами.

В соответствии с этими расстояниями выдаются команды на вывод «сенсорной» руки (система рука—глаз) с помощью камеры к ободу фильтра. Здесь подвижная встроенная в схват телекамера определяет точные положения и ориентацию края обода фильтра, чтобы правильно установить схват перед взятием фильтра.

Изделие (пылесос) состоит из пластмассовых деталей малой жесткости, изготовленных с большими допусками. Матерчатый фильтр на тонкой пластмассовой раме установлен в кольце из синтетического каучука, что затрудняет работу с ним при сборке из-за деформации и больших допусков на узел в сборе. Корпус пылесборника установлен на колесах, поэтому требуется дополнительная фиксация при сборке. На пластмассовом корпусе двигателя расположены две зажимные пружинные скобы, защелкивающиеся при фиксированном положении корпуса пылесоса.

Для программирования операции сборки разбивают на 16 переходов, каждый из которых имеет отдельную подпрограмму исполнения. Характеристика основных переходов:

выбор и захват фильтра в сборе — один из наиболее сложных переходов, поскольку выбирается наиболее удобно расположенный фильтр из лежащих навалом и выполняется под контролем трех-четырех телекамер и тактильной системы захватного устройства;

передача фильтра в сборе от сенсорного манипулятора к силовому не на столе, а путем перехвата в «воздухе» (такой прием часто требуется в ходе сборочных операций);

захват и ориентация пылесборника сенсорным манипулятором;

установка фильтра в сборе в корпусе пылесборника по вертикальной оси силовым манипулятором (пылесборник поддерживается с корректировкой позиции сенсорным манипулятором, две нежесткие детали сопрягаются в узел, не имеющий жестких механических связей);

захват произвольно расположенного в зоне накопления узла электродвигателя в пластмассовом корпусе (сначала визуальные сенсоры ориентировочно определяют положение блестящего корпуса, а затем тактильные датчики сенсорного манипулятора обеспечивают его точный захват с тем, чтобы зажимные скобы были напротив замков пылесборника);

общая установка узла электродвигате-

ля (координация по трем осям) на пылесборник, отфиксированный сенсорным манипулятором (при этом следует сориентировать неточно установленные детали, чтобы обеспечить герметичность их стыка);

скрепление узлов пылесоса посредством двух пружинных скоб (один манипулятор удерживает пылесос на столе, а другой нажимает на скобы, защелкивая их на ободе пылесоса);

перенос собранного пылесоса силовым манипулятором со сборочного стола.

Сборочный робот может быть упрощен и удешевлен, а быстроедействие его повышено. По данным фирмы, разработанные ею сенсорные системы, элементы конструкции и принцип искусственного интеллекта могут быть применены при роботизации многих операций в промышленности.

В СССР интенсивно ведутся работы по созданию сборочных роботов и робототехнических систем. Эти работы начаты с создания сборочных роботов для относительно простых изделий, где нет необходимости применения датчиков внешней информации и сложной системы управления с искусственным интеллектом. Примерами таких робототехнических комплексов, как принято сейчас говорить, являются комплексы для узлов «рычаг», «магнитопровод», «трансформатор» и др. В методическом плане такой подход совершенно оправдан — «от простого к сложному». Необходимость создания комплексов для роботизации сборки сложных изделий все более и более очевидна. Надо полагать, что это направление скоро станет одним из ведущих в робототехнике.

6. РОБОКАРЫ

Робокаром называется подвижный робот, предназначенный для автоматизации транспортных операций в ГПС.

Задача создания робокара не входит непосредственно в проблему роботов с искусственным интеллектом, но тесно к ней

примыкает и может рассматриваться как первый шаг на этом пути. Поэтому автор считает возможным познакомить читателя с этими интересными устройствами.

Робокары предназначены для перемещения заготовок и деталей в ГПС между технологическим оборудованием — металлорежущими станками разного типа, в том числе обрабатывающими центрами, автоматизированными складами и другими видами оборудования. Робокары могут перемещаться по заранее обозначенным трассам, например, вдоль проложенных металлических полос на полу цеха, либо в произвольных направлениях по соответствующим маршрутам, диктуемым требованием технологии. Движение робокара определяется специальными бесконтактными датчиками, они имеют автономное питание от аккумуляторных батарей и бортовую микро-ЭВМ, которая связана с центральной ЭВМ, управляющей работой всей ГПС.

В процессе движения робокар решает навигационную задачу, руководствуясь заданной целью, окружающей обстановкой и командами бортовой микро-ЭВМ.

Применение робокаров в качестве внутрицехового или межцехового транспорта в целом ряде механообрабатывающих и механосборочных производств позволяет добиться положительных изменений в организации производственного процесса, экономике и технике безопасности.

В области организации производственного процесса применение робокаров обеспечивает высокую маневренность при небольших по ширине проездах и проходах между установленным оборудованием, простоту перестройки транспортных трасс при изменении технологического процесса, возможность оптимизации грузопотоков и повышения ритмичности производства.

С применением робокаров можно рассчитывать на снижение простоев оборудования, экономию производственных площадей за счет прокладки трасс движения робокаров в проходах и проездах, ра-

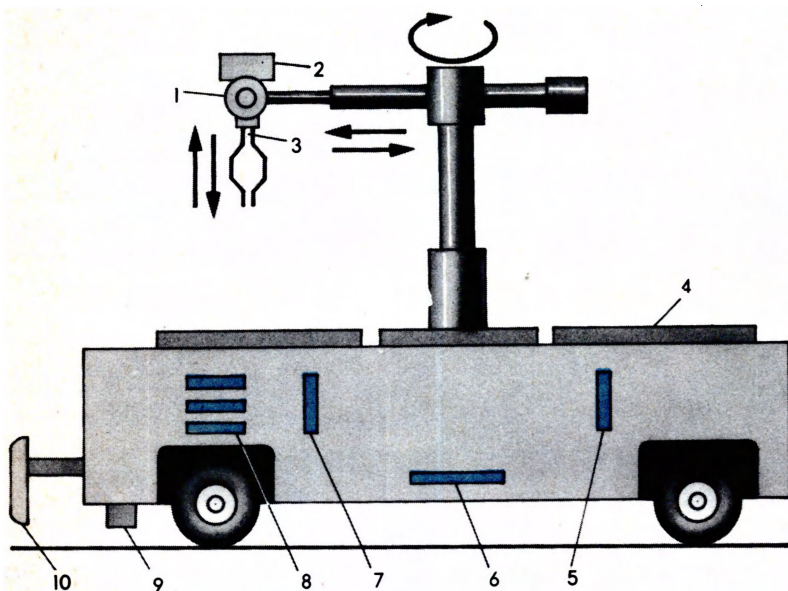


Рис. 37. Схема расположения на робокаре датчиков внешней информации:

1 — взятия груза; 2 — определения наличия тары на исходной позиции; 3 — открытия схвата манипулятора; 4 — определения наличия тары в ячейках платформы; 5 — остановки робокара на рабочем месте; 6 — коррекции положения робокара на рабочем месте; 7 — опознавания объектов; 8 — связи; 9 — слежения за направляющей полосой; 10 — безопасности движения (на бампере).

нее не используемых, высвобождение водителей внутрицехового транспорта и рабочих, занятых на погрузочно-разгрузочных операциях.

С точки зрения техники безопасности с использованием подвижных роботов исключается загрязнение внешней среды и снижается цеховой травматизм, повышается культура производства.

Областями применения робокаров в составе автоматизированных транспортно-складских систем являются заготовительное производство (термические, травильные, литейные, сборочно-сварочные, паяльные, листоштамповочные работы, прессование пластмасс), механообрабатывающее, сборочное, автомобилестроение и т. д.

Главным направлением применения робокаров является автоматизация транспортных операций в машиностроительном производстве, в частности в ГПС.

Для предотвращения аварий робокары оборудуются бамперами безопасности. При наезде на препятствие бампер незначительно перемещается, срабатывают датчики, которые посылают сигнал на выключение привода ведущих колес и включение тормозной системы. Остановка робо-

кара должна происходить так быстро, чтобы даже при наезде на человека травматизм был исключен. Для повышения надежности остановки робокар может быть оснащен локатором, с помощью которого он остановится, не доезжая до препятствия на некотором небольшом расстоянии.

На рис. 37 представлен схематический чертеж робокара МП-12Т. По команде датчика «требуется заготовка», установленного на рабочем месте, автоматизированная транспортно-складская система определяет адрес поступившей команды, и робот-штабелер, находящийся на автоматизированном складе, доставляет тару с заготовками на приемно-отгрузочную позицию. Тара имеет кодовый номер, который хранится в центральной системе управления и оперативной памяти бортовой микро-ЭВМ робокара. Грузовая платформа робокара рассчитана на размещение нескольких тарных ящиков или других транспортируемых предметов. Робокар начинает движение по трассе, считывая номера встречаемых по пути рабочих мест. При совпадении номера рабочего места с заданием, хранящимся в памяти микро-ЭВМ, робокар останавливается, корректи-

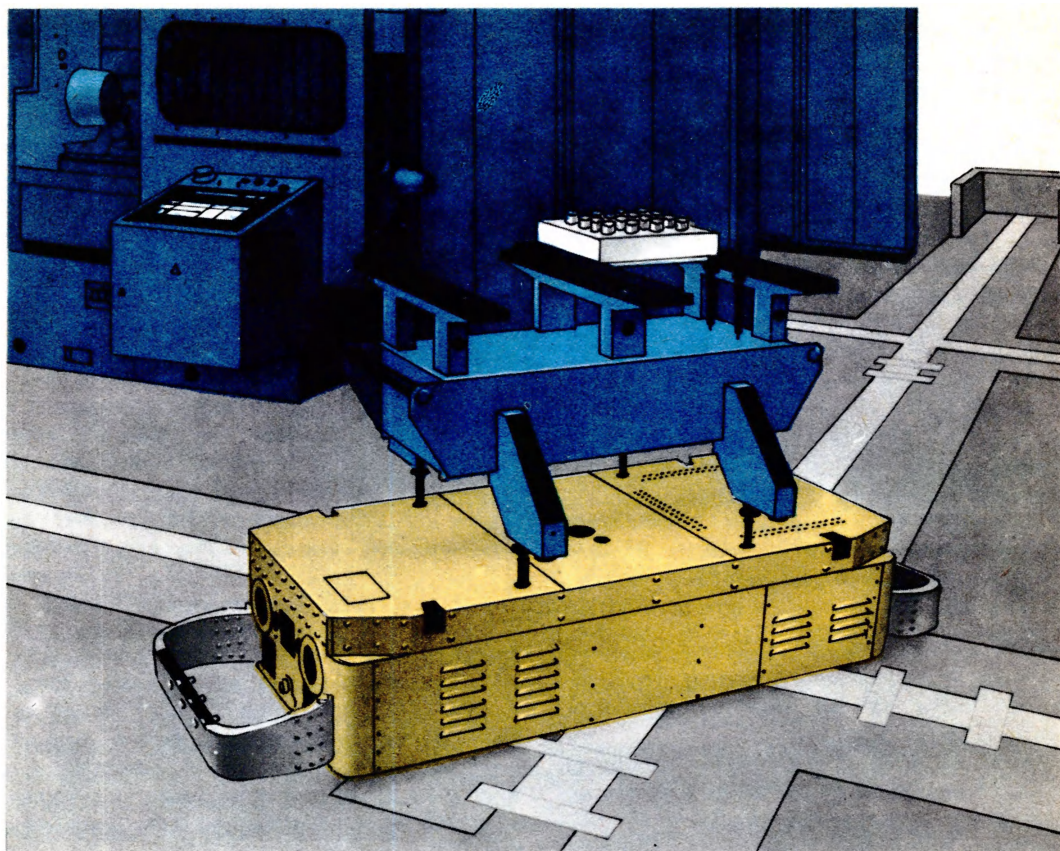


Рис. 38. Робокар, работающий в составе ГПС.

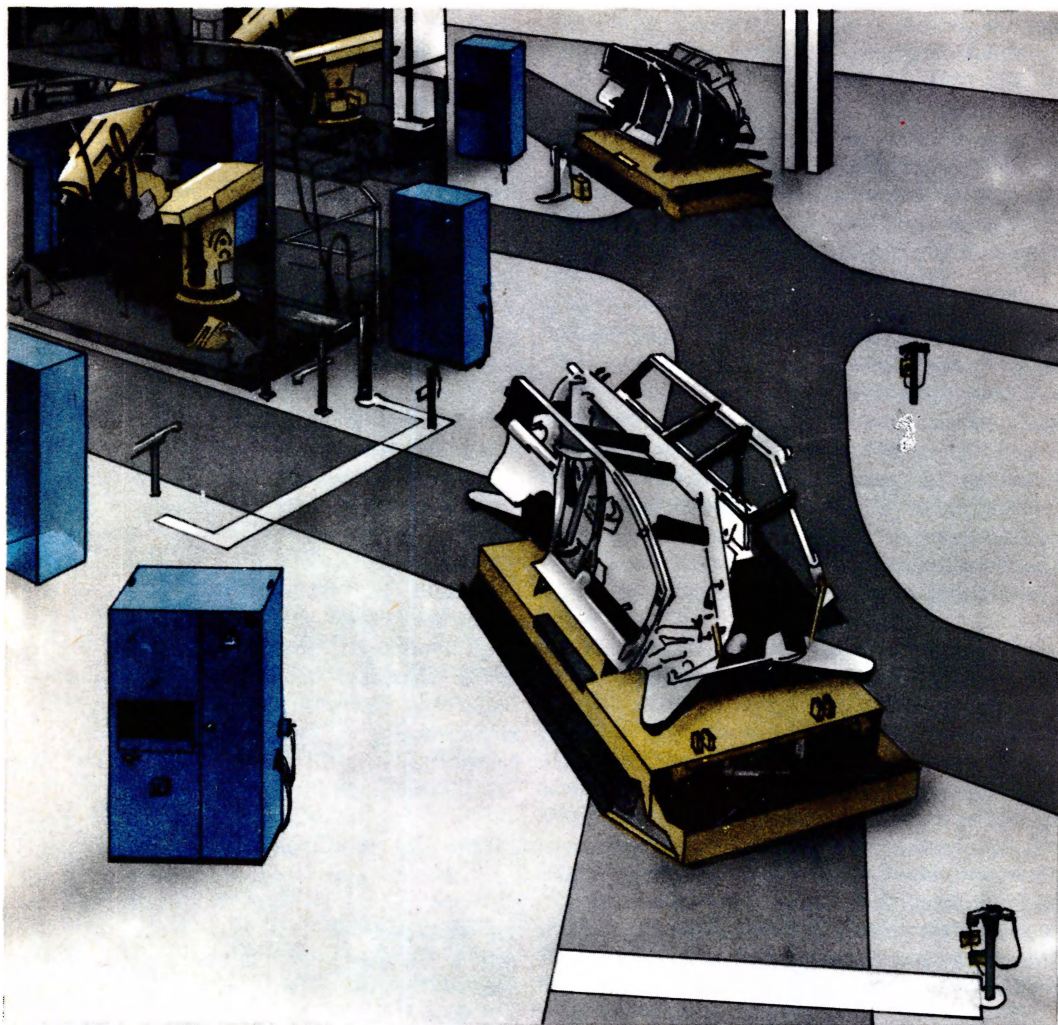
рует свое положение с помощью специальных датчиков. Начинается процесс разгрузки. Тут могут быть два основных варианта разгрузки: с помощью манипулятора, установленного на борту робокара или специального механизма; специальным роботом, установленным на металлорежущем станке или обрабатывающем центре.

При наличии на данном рабочем месте тары или технологического приспособления-спутника робот устанавливает его на освободившееся место своей платформы, отвозит к автоматизированному складу и сгружает на приемно-отгрузочное устройство.

На рис. 37 показано расположение датчиков внешней информации робокара МП-12Т.

В качестве примера можно привести описание робокара, разработанного и изготовленного в Киевском филиале НИАТ и демонстрировавшегося на Выставке достижений народного хозяйства в Киеве в 1986 году (рис. 38). На этом рисунке показан робокар, перевозящий кассету с заготовками от автоматизированного склада (справа вверху рисунка) к токарному станку. В момент, когда робокар остановится возле станка, он подает контрольный сигнал, и промышленный робот, смонтированный на станке, начинает очередно загружать заготовки в патрон станка. Грузоподъемность такого робокара составляет 500 кг, регулируемая скорость движения — не более 1 м/с, точность остановки робокара относительно позиции, загрузки-выгрузки — не менее ± 2 мм, габаритные размеры — $2000 \times 700 \times 400$ мм.

В настоящее время существуют и дру-



гие варианты использования робокара, когда он несет на себе изделие, например, кузов легкового автомобиля, предварительно собранный в специальном кондукторе и предназначенный для контактной точечной сварки и последующей окраски (рис. 39). В начале своего пути робокар с кузовом автомобиля проходит специальное измерительное устройство и затем начинает двигаться по цеху, поочередно проходя посты, где выполняются соответствующие технологические операции. Так организована автоматизированная система «Робогейт», созданная

Рис. 39. Робокар, работающий в составе автоматизированной системы «Робогейт».

концерном «Фиат» совместно со станкостроительной фирмой «Комау».

Авторы этой разработки соглашаются с тем, что такая система сложнее и дороже, чем традиционный транспортер-конвейер, но показывают ее преимущества, главное из которых — высокая гибкость в условиях мелкосерийного и серийного производства. В системе «Робогейт» устройство управления робокара достаточно сложное, так как кроме задачи

транспортирования изделия робокар несет большой объем информации конструктивного и технологического характера.

Следует полагать, что в будущем робокары будут совершенствоваться в направлении повышения уровня искусственного интеллекта для решения навигационных, технологических и информационных задач.

7. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Сельское хозяйство одна из основных сфер материального производства, целью которой является получение растительных продуктов и продуктов животноводства путем выращивания сельскохозяйственных растений и животных. Сельское хозяйство поставляет необходимые для населения продукты питания, сырье для промышленности и имеет большой удельный вес в народном хозяйстве всех стран.

Сельское хозяйство можно разделить на две крупные отрасли: растениеводство и животноводство.

В зависимости от конкретных географических и климатических условий сельское хозяйство данного региона характеризуется большим количеством показателей и отличается высоким разнообразием процессов по обработке почвы, принципам мелиорации, воспроизводству и выведению новых сортов посевного материала, по уходу за растениями и сбору урожая.

Животноводство также весьма разнообразно в зависимости от породы животных, способов их выращивания, по первичной обработке и хранению продуктов и т. д.

В сельском хозяйстве занято около 51 % всего населения земного шара. Сейчас в сельском хозяйстве все больше и больше ощущается дефицит рабочей силы. Это объясняется несколькими причинами, в том числе очень утомительным, однообразным трудом. Что касается будущего, то специалисты-демографы утверждают: в ближайшие годы прирост трудоспособного населения, особенно в сельском хозяйстве, вряд ли увеличится.

В настоящее время большое количество производственных операций с ядохимикатами выполняется вручную. Весьма трудна и неприятна работа по дезинфекции помещений животноводческих ферм, работа в теплицах. Эти операции приходится выполнять в условиях повышенной влажности и загрязнения окружающей среды пестицидами. В литературе опубликованы случаи групповых отравлений людей, выполняющих работы по прополке сахарной свеклы, сбору урожая и др.

Высокая трудоемкость сельскохозяйственных работ и зачастую вредные условия выполнения этих процессов заставляют специалистов многих стран вести работы в области автоматизации и роботизации процессов сельского хозяйства. В стратегическом плане можно сформулировать два направления таких работ: создание систем для обслуживания посевных площадей, которые сложились веками в традиционных технологиях выращивания данной культуры, и систем с пересмотром существующих технологий, более пригодных для роботизации. Последнее направлено на перспективу.

В сфере сельского хозяйства внешняя среда робота чрезвычайно неорганизована и многовариантна. Действительно, даже для одного участка поля внешняя среда меняется под воздействием освещенности, влажности, направления ветра, осадков, степени созревания растений и т. д. Этот список переменных параметров, характеризующих состояние внешней, окружающей сферы, можно продолжить.

Из сказанного выше можно сделать по крайней мере один важный вывод — применение в таких условиях роботов с программным управлением вряд ли целесообразно. Исключением могут быть операции посева культур и другие процессы, которые выполняются по заданной программе, без учета обратной связи.

Не вдаваясь в детальные описания различных операций, выполняемых в сельском хозяйстве, можно все функции роботов и роботизированных систем разделить на три класса: транспортировка и

манипулирование продуктами, технологическая обработка, распознавание образов и принятие решений.

Транспортировка и манипулирование продуктами. В промышленности накоплен большой опыт применения роботов с программным управлением для автоматизации транспортных и вспомогательных операций, обслуживания металлорежущих станков, прессов, штампов и другого технологического оборудования по определенной программе. Задачи такого рода есть и в сельском хозяйстве. Но при создании мобильных роботов для сельского хозяйства неизбежно возникают дополнительные и весьма серьезные трудности. В частности, такой робот должен уметь передвигаться по рыхлой, неровной почве с большим количеством различных препятствий, работать под открытым небом, в широком диапазоне температур и влажности среды. Кроме того, зона обслуживания такого робота должна быть значительно, в несколько десятков раз, больше, чем у обычного промышленного робота. Что касается точности позиционирования, то на первый взгляд она может быть ниже, чем у современных промышленных роботов. Автор полагает, что этот вопрос подлежит серьезному и всестороннему исследованию.

Проблема применения мобильных роботов в сельском хозяйстве может решаться двумя путями. Во-первых, созданием новых или переоборудованием старых участков, теплиц и других видов посевных площадей. Необходимо проложить специальные пути, по-видимому, рельсовые, по которым робот может уверенно перемещаться, т. е. заранее подготовить магистраль. Двигаясь по ним, робот может обслуживать посадки справа и слева, а если робот П-образной портальной конструкции, то и под собой.

Во-вторых, путем проложения соответствующих трасс, маршрутов по имеющимся полям и плантациям. Это можно осуществить с помощью специальных кабелей, прокладываемых на глубине около 50 см по всему маршруту обслуживания. По этим кабелям пропускается перемен-

ный ток, а индуктивные датчики позволяют роботу двигаться вдоль кабелей. В качестве средств указания маршрута могут быть использованы оптические, лазерные, ультразвуковые и другие системы наведения. Стоимость кабельных линий весьма быстро растет с увеличением площади зоны обслуживания, поэтому интерес к созданию бесконтактных, бескабельных систем достаточно большой.

Специальные мобильные роботы для сельского хозяйства могут быть созданы на базе колесных или гусеничных шасси. Возможно, что достаточно перспективными окажутся шагающие механизмы.

Изложенная здесь концепция применения мобильных роботов отнюдь не противоречит применяемым сейчас конвейерам, транспортерам и питателям, однако использование такого оборудования на больших площадях и под открытым небом экономически нецелесообразно.

Технологическая обработка. Она может осуществляться в соответствии со сложившимися принципами, последовательностью и особенностями сельского хозяйства. По-видимому, в такую последовательность входят возделывание почвы, промежуточные виды обработки, сбор урожая и т. д. Нельзя не отметить, что в мире накоплен громадный опыт выполнения технологических процессов в сельском хозяйстве, но применительно к возможностям человека. Сейчас перед специалистами сельского хозяйства стоит важнейшая творческая задача о пересмотре сложившихся технологических процессов и их преобразовании, переработке и приспособлении к роботизированным системам.

Как известно, роботизация неизбежно накладывает определенные специфические особенности на тот или иной производственный процесс. То, что удобно делать человеку, не всегда удобно делать роботу и наоборот.

В качестве примера можно сказать, что человек может работать только при минимально необходимом освещении, а для робота, если он не оснащен системой технического зрения, освещение обяза-

тельно, он может работать даже в полной темноте. Таких примеров можно привести много.

Распознавание образов и принятие решений. До настоящего времени анализ посева и принятия решения о дальнейших действиях целиком и полностью зависит от человека. Он определяет степень созревания растений, необходимость их обработки ядохимикатами, время прополки, наконец время уборки урожая и принимает соответствующее решение.

Использование относительно несложных систем технического зрения и совершенных методов обработки полученной информации позволяет уже сейчас освободить человека частично или полностью от этих обязанностей, а в перспективе открываются благоприятные возможности для создания полностью автоматизированных систем контроля за жизнью растений. Для обработки информации будет применяться микропроцессорная техника, а алгоритмы работы будут базироваться на принципах работы искусственного интеллекта (распознавание образов, анализ первичной информации, оценка сложившейся ситуации и принятие решений).

В настоящее время в сельском хозяйстве широко применяются средства механизации. Транспортировка продуктов растениеводства осуществляется колесными или гусеничными машинами, а также человеком, технологические операции выполняются автоматическими устройствами и человеком, анализ всей информации и принятие решения возлагается на человека. Эту стадию, механизацию процессов, следует рассматривать как первую, исходную.

По мере совершенствования систем управления распределение функций между человеком и искусственным интеллектом будет меняться в сторону уменьшения информационной нагрузки на человека и увеличения на искусственный интеллект.

В технических областях, в частности в машиностроении, процесс автоматизации идет от предварительно механизированных операций изготовления изделий

на станках к автоматизации инженерного труда, подготовке программ, проектированию технологии, и наконец, конструированию изделия. Есть все основания считать, что такая последовательность автоматизации и роботизации будет характерна и для сельского хозяйства.

В Московском институте инженеров сельскохозяйственного производства им. В. П. Горячкина несколько лет назад начаты работы по созданию роботов для сельского хозяйства. Как уже было ранее отмечено, простой перенос опыта применения роботов первого поколения, накопленный в промышленности, на сельское хозяйство нецелесообразен, так как условия эксплуатации роботов существенно отличаются. Инженеры института создали первый образец робота для обслуживания скотоводческих ферм МАР-1 (рис. 40).

У этого робота две руки, которые имеют восемь степеней свободы. Корпус робота находится на подвижной тележке и может поворачиваться вокруг вертикальной оси, что дополнительно увеличивает мобильность робота. Гидравлический привод рук позволяет поднимать предметы весом до 75 кг. Тактильные датчики позволяют пальцам регистрировать силу сжатия. Команду о начале работы подают специальные часы, встроенные в робот. В его памяти записана информация о технологическом пространстве, зоне обслуживания, всех проходах, входах и выходах производственного помещения. Подъехав к рабочему месту, робот подсоединяется к сети электропитания, берет инструмент для производства нужной операции и выполняет запланированный процесс. Робот может очищать помещение, заправлять корм свиньям и выполнять другие операции.

Самая тяжелая и опасная операция из всего технологического цикла — это дезинфекция помещений. При переводе свиней из одного места в другое помещения должны очень тщательно обрабатываться. Полы надо чисто выскребать, мыть, затем обрабатывать раствором каустической соды, а потом, через сутки, все нужно смыть и покрывать формалином. Робот

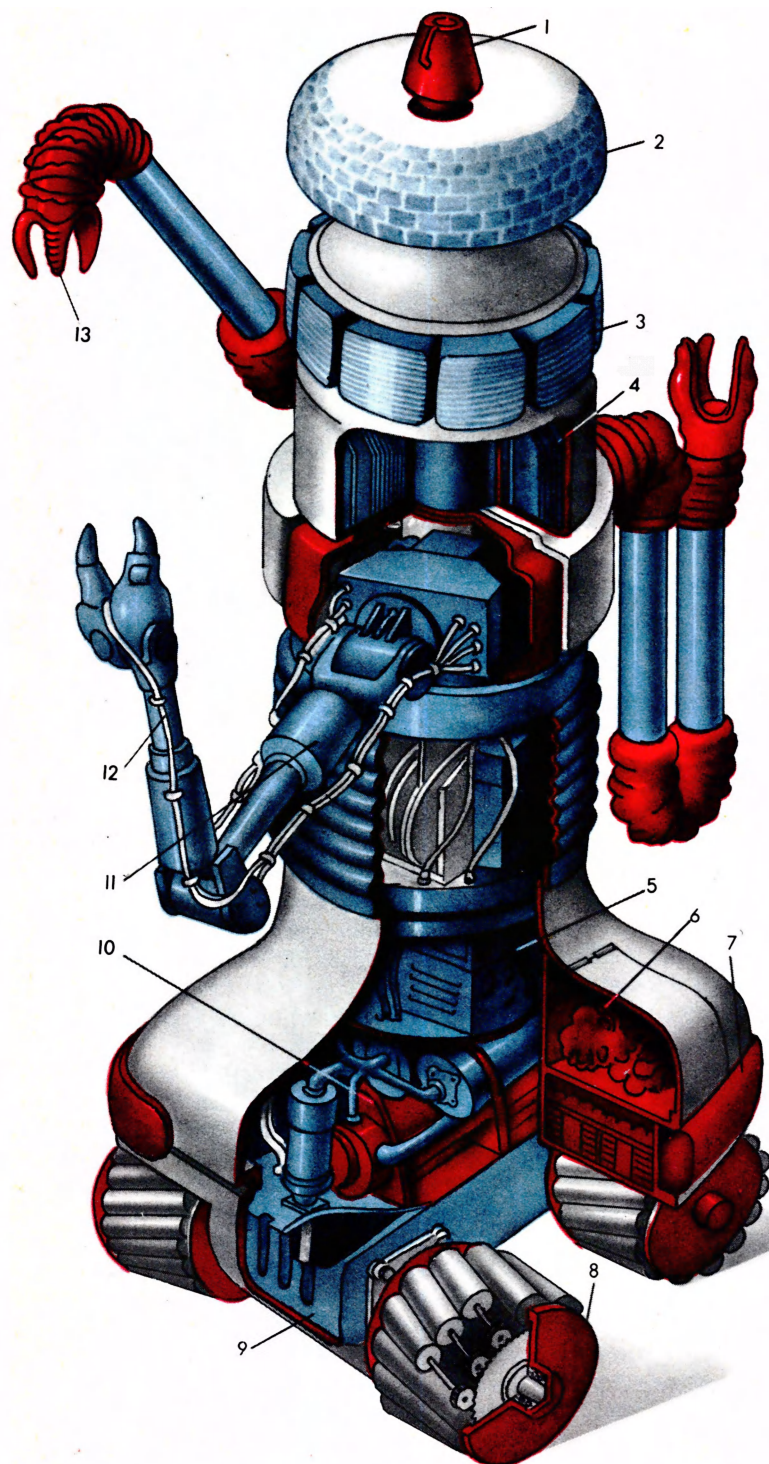


Рис. 40. Робот МАР-1
для обслуживания
скотоводческих ферм:
1 — вилка энергоприемни-
ка; 2 — орган зрения; 3 —
приборы освещения; 4 —
система управления; 5 —
блок навигации; 6 — смен-
ный инструмент; 7 — очув-
ствительный корпус; 8 — мо-
тор-колесо; 9 — гидробак;
10 — насосная станция;
11 — гидромотор; 12 — ма-
нипулятор; 13 — эластич-
ные очувствительные кисти.

МАР-1 выполнил эту программу на «отлично», даже придирчивые ветеринары не нашли в его действиях серьезных изъянов.

Задача очистки стойл, когда в них находятся животные, значительно сложнее обработки пустого помещения. В памяти робота должны находиться «образы» животных в различных положениях. Необходимо, чтобы программное обеспечение робота предусматривало и возможные варианты поведения животных во время очистки помещения. Как сказано в книге «Сельскохозяйственные роботы» Васянина В. И., робот однажды ринулся разнимать дерущихся быков. А когда те неожиданно объединили усилия против него, он решительно разогнал их струей воды из брандбойта. Был случай, когда при первом знакомстве робот не понравился весьма агрессивно настроенной корове. Благодаря заложенной в памяти программе этот конфликт удалось предотвратить.

Уже разработан проект мобильного автономного птицеводческого робота МПЦР-1. В его задачи входит выполнение операций на птицеводческих фермах, начиная от сбора яиц и закладки их в инкубатор и кончая отправкой готовой продукции в торговую сеть. Нельзя не отметить, что это типичное штучное, дискретное производство, в области которого накоплен большой опыт, ну а «взять» яйцо можно весьма эффективно с помощью вакуумного рабочего органа.

Повышенный интерес к роботизации сельского хозяйства отмечается в Японии. Вслед за Японией, которой принадлежит приоритет применения роботов в этой области, экспериментальные образцы, способные ориентироваться на открытой местности, распознавать возделываемые культуры и определять состояние и степень зрелости плодов и зерновых культур, появились в США и некоторых европейских странах. Состояние дел и перспективы развития этой важной проблемы детально анализировались на Первой международной конференции по проблемам применения роботов в сельском хозяйстве в

США в 1983 г. Как свидетельствуют материалы этой и других конференций, наилучших результатов удастся добиться в применении роботов для сбора овощей и фруктов.

Один из первых роботов для сбора помидоров был создан в Японии.

Тележка-робот в соответствии с программой перемещается между рядами кустов и может останавливаться в заданном месте. После остановки включается телекамера и в микро-ЭВМ передается изображение куста с помидорами. ЭВМ распознает положение плодов и вычисляет расстояние до них. Информация о положении каждого помидора преобразуется в программу, поступающую в систему управления манипулятора. Манипулятор последовательно собирает плоды и укладывает их в тару. Окончив сбор плодов с одного куста, робот передвигается к следующему и т. д.

Методы распознавания плодов и определения их спелости основаны на различии коэффициентов отражения для листьев и плодов различной степени зрелости. Если в результате анализа полученного изображения станет ясно, что плод зрелый, то в работу вступает модуль определения расстояния до этого плода. Определение расстояния базируется на принципе стереозффекта. Значение расстояния передается в систему управления манипулятора, который приступает к выполнению операции снятия плода. Манипулятор многозвенный, атропоморфный, имеет пять степеней свободы.

Созданный образец мобильного робота прошел экспериментальную проверку в теплицах с расстоянием между деревьями в 80 см.

Второй образец робота был создан для сбора плодов с высоких деревьев, в частности апельсиновых (рис. 41). Робот установлен на самоходную гусеничную платформу от жатки. Манипулятор состоит из двух вертикальных (поворотного и телескопического) и одного горизонтального звеньев, а также рабочего органа-схвата. Манипулятор имеет пять степеней свободы, работает в цилиндрической системе

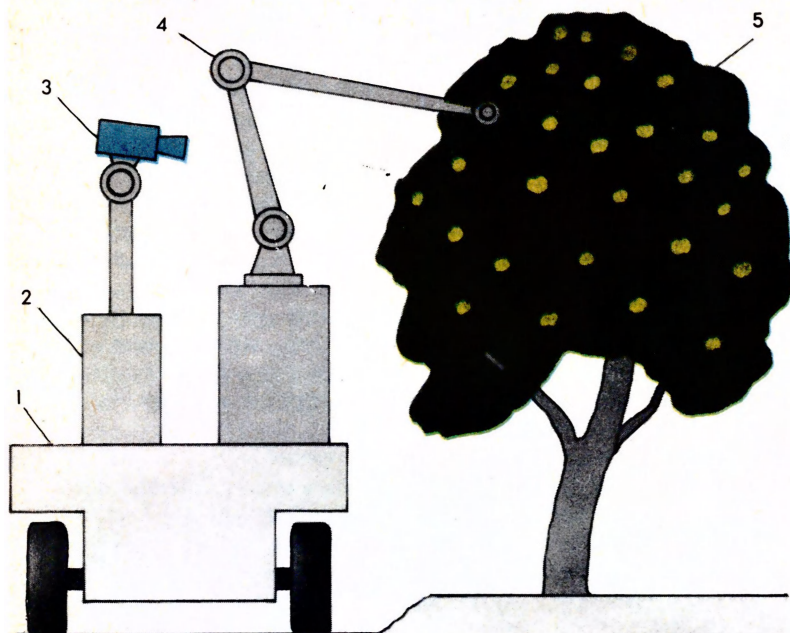


Рис. 41. Упрощенная схема робота для сбора плодов с высоких деревьев:

1 — тележка с аккумуляторами; 2 — устройство управления роботом; мини-ЭВМ; 3 — телевизионная камера; 4 — манипулятор робота; 5 — дерево с плодами.

координат, у него гидравлический привод. Телевизионная камера установлена на захватном устройстве.

Существует точка зрения, что система и алгоритм управления будут значительно проще, если телевизионную камеру установить непосредственно на руке робота. Если же камера установлена отдельно, то необходимо в ЭВМ преобразовывать координаты, в которых установлена камера, в координаты руки. Сторонники этой теории считают, что, например, собаке управлять пастью, которой она хватается предмет, легче, чем обезьяне, у которой имеется паралакс (расстояние) между глазами и руками.

Экспериментальная проверка этих двух образцов сельскохозяйственных роботов показала, что в случае сбора ярко-красных зрелых помидоров или спелых апельсинов надежность распознавания по спектральным характеристикам близка к 100 %. Спектральная характеристика незрелых, зеленоватых плодов не имеет четко выраженных особенностей и поэтому робот на такие плоды не реагирует, «думая» что это листья.

Применение таких роботов существенно улучшает условия сбора спелых пло-

дов, потому это делается без участия человека, и каждый плод снимается отдельно, укладывается в тару эластичным схватом. Если представить себе, что уборка урожая помидоров происходит в теплице, где достаточно жарко, высокая влажность и некоторая концентрация пестицидов, то станет понятен интерес к созданию такого рода сельскохозяйственных роботов.

Автор не ставит своей целью описания всех возможных вариантов создания роботов для сельского хозяйства. Изложены некоторые общие положения и приведены примеры применения роботов такого типа.

8. ЗОНЫ ВЫСОКОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ

Радиоактивное излучение, часто встречающееся на земле в малых дозах, не опасно для людей, так как человечество в процессе длительной эволюции сумело приспособиться к его малым дозам. Однако с тех пор, как было открыто явление радиоактивного распада и человек научился искусственно создавать высоко-радиоактивные изотопы, испускающие α -, β - и γ -излучение, обстановка резко изме-

нилась, особенно после взрывов Соединенными Штатами Америки первых атомных бомб в Хиросиме и Нагасаки.

В настоящее время во многих странах мира интенсивно развивается ядерная энергетика, созданы и действуют атомные электростанции. Вероятность поражения радиоактивным излучением необычайно возросла.

Примером этому может послужить авария на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 г.

Человеческий организм не имеет органов, которые могли бы предупредить его о высоком, недопустимом уровне радиоактивного излучения, так как в процессе эволюции этого не требовалось, и природа не предусмотрела такие защитные механизмы. Высокая степень радиоактивного облучения вызывает в организме человека очень тяжелые, необратимые последствия, в некоторых случаях летальный исход. Враг коварный, тихий и незримый. Человек может находиться строго определенное время в зоне радиоактивного излучения, обратно пропорциональное интенсивности, или он вообще не может там находиться ни одной минуты.

Совершенно очевидно, что это именно те условия, когда человека надо заменить роботом, оградив его здоровье от последствий радиоактивного излучения.

В лабораторных условиях давно применяются механические, копирующие манипуляторы. Они избавляют человека от необходимости соприкасаться с радиоактивными препаратами и образцами, работают очень эффективно. Но это оборудование никакого отношения к роботам не имеет, и поэтому автор не считает целесообразным описывать эти механизмы в настоящей книге.

В ядерной энергетике предусмотрены следующие операции: инспекция, периодические ревизии, ремонт небольших повреждений, восстановление рабочих поверхностей, частичная реконструкция, манипуляционные операции с радиоактивными материалами и другие операции. К средствам, предназначенным для проведения технического обслуживания, предъ-

являются высокие требования по быстродействию и надежности. Ускорители частиц генерируют излучение, обладающее высокой энергией. Это затрудняет или исключает применение ручных методов обслуживания.

Ядерные реакторы — наиболее развитая область атомной энергетики. Правила эксплуатации ядерных реакторов предусматривают широкий диапазон различных операций обслуживания. Весь первичный контур радиационно опасен, он заключен в специальные защитные оболочки, что существенно затрудняет подход и обслуживание. Особенно усложняется задача при возникновении аварийных ситуаций. В этих случаях применение роботов может быть очень эффективно, а иногда и единственным техническим решением.

Весьма остро стоит вопрос о замене человека на заводах по переработке ядерного сырья. Производственный процесс включает операции с веществами, обладающими высокой радиоактивностью. Профилактика и техническое обслуживание механизмов, участвующих в этих операциях, в настоящее время осуществляется простыми механизмами. По-видимому, весьма остро стоит задача по созданию специальных роботов с супервизорным управлением, а в будущем автономных роботов с искусственным интеллектом.

Приведенные примеры показывают, как важна проблема роботизации ядерной энергетики, особенно если подумать об обслуживании в будущем термоядерных реакторов. В общем виде можно сказать, что в том случае, когда есть необходимость проведения производственных операций и процессов с использованием радиоактивных веществ, нужно заботиться о здоровье людей, а значит создавать специальные механизмы, в частности роботы.

Проводимые в настоящее время исследования концентрируются на архитектуре ЭВМ, позволяющей обеспечить гибкость супервизорной системы управления. Уже дали хорошие результаты методы моде-

лирования рабочей среды, учитывающей требования предупреждения столкновений робота с препятствиями. Сейчас в полном объеме стоит проблема плавного перехода на различные режимы управления с применением возможностей искусственного интеллекта.

Возникает задача создания роботов, могущих выполнять определенные операции в остро экстремальных условиях — в аварийных ситуациях. Первая задача, которая обязательно должна быть решена без участия человека — это разведка и установление степени загрязнения радиоактивными веществами определенной территории.

Необходимо организовать супервизорное управление роботом от командного пункта с использованием радиоканала. Однако могут быть случаи, когда степень загрязнения очень высока, и тогда атмосфера в этой зоне, как говорят, радионепрозрачна, радиоканал не будет работать. Следовательно, остается использовать кабель, который будет тащиться за роботом. Как уже ранее говорилось, такой канал связи имеет ряд недостатков, в том числе большой вес, механическую уязвимость, большое сопротивление и т. д.

Кроме того, высокий уровень радиоактивного излучения выводит из строя блоки управления, расположенные на роботе. Например, интегральные схемы на МДП (металл — диэлектрик — проводник) не годятся. Нужно переходить на интегральные биполярные схемы, т. е. искать радиационно стойкую конструктивно-элементную базу.

К сожалению, сказанное выше распространяется полностью на блоки и элементы систем технического зрения.

Достаточно важен вопрос о выборе типа шасси. По-видимому, наилучшим вариантом будут колесные механизмы, так как они отличаются простотой и максимальной ремонтоспособностью. Ведь надо учесть, что в ходовую часть могут попадать камни, металлические предметы, проволока и т. д.

На борту такого датчика должна быть установлена специальная аппаратура для

измерения уровня радиации. Данные об измерении вместе с координатами расположения робота необходимо передавать на командный пункт. Весьма возможно, что робот такого типа после выполнения «задания по разведке» должен быть изолирован от людей в специальном помещении: его детали могут быть радиоактивны.

Описанный пример робота-разведчика может рассматриваться как первый этап.

Второй этап — это создание роботов, предназначенных для расчистки и уборки территории.

По-видимому, эта задача еще сложнее, так как необходимо роботу дать возможность активно воздействовать на окружающую, плохо организованную внешнюю среду и обеспечить целенаправленные действия.

Все эти вопросы складываются в сложную научно-техническую проблему, которая стоит перед специалистами по робототехнике и которая обязательно должна быть решена в обозримо короткий период.

9. РОБОТ — ВОДИТЕЛЬ АВТОМОБИЛЯ

В нашей стране, как впрочем и в каждой промышленно развитой стране, ездит по дорогам большое количество грузовых и легковых машин, автобусов и автополюсов, за рулем которых сидят водители, выполняющие нелегкий, ответственный труд.

В СССР количество водителей-профессионалов исчисляется несколькими миллионами, а если к этой цифре прибавить водителей личных автомобилей, то получится очень внушительная цифра. Ведь в год наша автомобильная промышленность выпускает только легковых автомобилей около одного миллиона трехсот тысяч.

Хорошо известно, что труд водителя автомобиля достаточно тяжелый, особенно в длительных рейсах, когда необходимо вести машину, не отрывая глаз от

шоссе в течение многих часов. Нельзя не отметить монотонность этой работы, большую нагрузку на нервную систему, что приводит к снижению внимания к окружающей обстановке и, наконец, засыпанию за рулем. В подавляющем большинстве случаев это влечет за собой трагический финал, цена которого — жизнь.

Целесообразно и своевременно поставить вопрос и попытаться дать на него ответ: чем можно помочь водителям в их сложной работе?

Есть все основания думать, что уже в ближайшее время можно создать робота—водителя автомашины, который возьмет на себя часть или всю нагрузку, лежащую сейчас на плечи одного человека.

В данном разделе автор предлагает достаточно подробно рассмотреть эту проблему и сформулировать основные задачи.

Для этого необходимо оценить с позиций робототехники окружающую среду, в которой находится сейчас водитель, а в будущем будет действовать робот. Эта окружающая среда может быть охарактеризована одним словом — дорога. Однако это слишком краткое понятие требует расшифровки. Дорога — это любая используемая для движения загородная дорога, улица в городе, имеющая одну или несколько полос движения с находящимися на ней перекрестками, населенными пунктами, оборудованная соответствующими дорожными знаками, светофорами и т. д. Диапазон имеющихся в нашей стране дорог весьма широк, от простой грунтовой дороги, на которой нет никаких дорожных знаков, до совершенной скоростной дороги, оборудованной по последнему слову техники.

Напомним читателю, что современная скоростная дорога (автострада) не имеет перекрестков, светофоров и ограждена от проникновения на нее случайных людей и скота. На скоростной дороге запрещается движение пешеходов, велосипедистов, груженых повозок, любых механических транспортных средств, максимальная скорость которых меньше 40 км/ч.

Между этими крайними типами дорог

существует большой спектр промежуточных по техническому оснащению дорог.

Первое ограничение области применения будущих роботов-водителей заключается в наиболее целесообразном их применении на скоростных и магистральных дорогах с хорошо оборудованной обстановкой. Применение роботов в условиях бездорожья или плохих дорог на сегодняшний день кажется автору весьма проблематичным и нецелесообразным. Маневрирование в пределах гаража, на территориях производственных предприятий, улицах населенных пунктов и городов с помощью будущих роботов-водителей совершенно нецелесообразно. В этом плане просматривается некоторая аналогия с использованием автопилота, который включается только на установившемся маршруте движения самолета.

Из этого положения вытекает второе ограничение: робот-водитель должен существовать параллельно с водителем и может включаться на определенных участках маршрута в определенное время, т. е. помогать водителю, а не заменять его всегда.

По-видимому, надо иметь дублированные органы управления, в том числе рулевое управление, педали сцепления, тормоза и газа. Рукоятка переключения скоростей может быть одна, ею может пользоваться и человек, и робот. Конечно, автомобили, имеющие автоматические коробки передач, где нет обычной рукоятки переключения скоростей и привычного механизма сцепления, более подходят к установке на них робота-водителя, но, к сожалению, таких машин у нас еще немного. Установка дублированных органов управления не представляет никаких трудностей при современной технике создания автомобилей. Некоторые осложнения могут вызвать дублирование рулевого управления, но и тут просматривается не очень сложное решение.

От основной рулевой колонки вращение передается с помощью обычной цепной передачи на втулку, расположенную справа от водителя. Второго рулевого колеса не надо, робот может быть соединен

с втулкой с помощью специального, например, шлицевого соединения. Как следствие, вырисовывается такой вариант: робот-водитель располагается на правом месте кабины грузового автомобиля или кузова легкового автомобиля и может быть установлен с некоторыми переделками на серийной машине.

Одним из основных вопросов, возникающих в робототехнике, является вопрос о «поведении» робота в данной, конкретной обстановке, его программировании. В этом плане намечаются некоторые благоприятные перспективы. Действительно, поведение водителя в процессе движения автомобиля определяется и регламентируется «Правилами дорожного движения». Этот документ создан многими тысячами специалистов и проверен в течение нескольких десятилетий в разных странах. Некоторые отличия «Правил дорожного движения», имеющиеся в разных странах, в данном случае никакого значения не имеют. Можно сказать, что это алгоритм поведения водителя, составленный в словесной форме и отражающий громадный опыт, накопленный людьми при эксплуатации автомобилей разного типа в самых различных условиях. Такой алгоритм должен быть переведен в цифровую форму, что не представляет никакого труда, и введен в память робота-водителя в виде соответствующей программы. Эта программа является первой, очень важной составляющей всего программного обеспечения робота.

Второй составной частью должен быть массив информации о будущем маршруте движения автомобиля. Для этой цели необходимо закодировать, описать с помощью соответствующего проблемно-ориентированного языка всю дорогу от начального до конечного пункта.

Представим себе, что автомобиль едет по маршруту Москва—Симферополь протяженностью 1400 км. Этот маршрут должен быть описан со всеми подробностями, включая населенные пункты, тип дорожного покрытия, тип местности, основные пересечения, заправные станции и так

далее, и введен с помощью перфокарты, а лучше магнитной ленты, в память робота. Разумеется, такие описания, иначе говоря программы, должны изготавливаться централизованно с тем, чтобы в каждом отдельном случае ее можно было использовать. По-видимому, наиболее удобная форма носителя — стандартные компакт-кассеты с магнитной лентой.

Такой банк данных представляет собой вторую, очень важную составляющую часть всего программного обеспечения робота-водителя. Помимо указанных выше двух основных частей программного обеспечения необходимо обеспечить робота текущей, внешней информацией о состоянии и изменениях окружающей среды. Решение этой задачи на соответствующем высоком техническом уровне может оказаться наиболее трудным вопросом.

Автомобиль должен быть оснащен следующими датчиками внешней информации.

Система технического зрения, установленная на автомобиле, состоит из двух телевизионных приемных камер: основной, направленной вперед по ходу машины, и вспомогательной камеры, обращенной назад. Уместно отметить, что на Автосалоне-87 в Токио демонстрировались машины, на которых обычное зеркало заднего вида было заменено телевизионной установкой, экран которой находился на панели приборов.

Не исключено, что с целью повышения надежности нужно будет иметь две телевизионные камеры, обращенные вперед. Система технического зрения должна обеспечить постоянный обзор всего того, что находится и происходит впереди и сзади движущегося и стоящего на месте автомобиля, в том числе состояние дороги перед автомобилем, наличия на ней машин, препятствий, людей, дорожных знаков, светофоров и т. д. Разумеется, искусственный интеллект робота должен обладать высоким уровнем распознавания образов, в частности, для определения состояния впереди находящейся дороги (поворотов, закрытых и открытых участков и т. д.).

Эта задача требует всестороннего изучения в теоретическом и экспериментальном плане. Искушенный в дорожно-транспортных ситуациях читатель может задать вопрос: «Разве может система технического зрения рассмотреть дорожный знак, созданный для человека, да еще в трудных метеорологических условиях, при плохой освещенности, в дождь, туман и т. д.?»

Во-первых, в таких ситуациях водитель должен взять управление автомобилем на себя. Во-вторых, не исключено, что в будущем обычные дорожные знаки могут дублироваться специальными, приспособленными для роботов. Одним из вариантов может быть применение дорожных знаков с радиопередающим устройством. Это дело будущего.

Радиолокационный дальномер предназначен для измерения расстояния до впереди расположенных предметов. Как известно, измерение расстояния с помощью системы технического зрения, даже стереоскопической, представляется очень трудной задачей, а если учесть непрерывное изменение изображения в процессе движения автомобиля, то на сегодняшний день — невозможной. Поэтому целесообразно установить впереди автомобиля дальномер, возможно сканирующий, обеспечивающий непрерывное измерение расстояния. Несомненно, что тут возникнут свои трудности. Ведь впереди может оказаться автомобиль, человек, животное и предмет на дороге. Задача применения дальномера требует тщательного и всестороннего изучения, проведения комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Специальный радиоприемник предназначен для приема сигналов о дорожной обстановке. Как уже было сказано ранее, дублирование дорожных сигналов может осуществляться установленными радиопередатчиками.

Следует отметить, что информация о таких радиофицированных дорожных знаках может быть принята в любое время дня и ночи, при любых метеорологических условиях.

Надо учесть, что для системы технического зрения может оказаться непосильной задача распознавания и, главное, отличия автоинспектора ГАИ с поднятым жезлом, требующим остановки машины, и простого пешехода с поднятой рукой, просящего его подвезти. Решение этой задачи может быть достаточно простое. Автоинспектор будет иметь в своей переносной радиостанции специальную кнопку, при нажатии которой подается радиосигнал на определенной волне. Принятый роботом такой сигнал однозначно должен вызвать остановку машины. Возможности передачи информации по радиоканалу весьма велики и достаточно перспективны, но в настоящей книге мы их не будем рассматривать.

Микрофон используется для приема звуковых сигналов. Хочется думать, что придет такое время, когда робот-водитель будет оборудован анализатором и синтезатором речи. Это позволит, используя ограниченный словарь, обеспечить общение человека с роботом на естественном языке. Как известно, эта задача решена, такие устройства имеются и ничего невозможного тут нет. Задача заключается в создании серийной, компактной и дешевой аппаратуры. Разумеется, такой диалог должен предусматривать возможность подачи голосом определенного набора команд с установленным их приоритетом. Наибольший приоритет должна иметь команда «стоп».

Возможно, что в будущем, если идея применения роботов-водителей будет реализована и найдет достаточно широкое распространение, целесообразно будет на таких машинах устанавливать инфракрасные датчики для езды в темное время суток.

Наверное, автоинспекция потребует, чтобы на автомашинах с установленным роботом-водителем был специальный опознавательный знак, хорошо различимый спереди и сзади, днем и ночью.

На рис. 42 показан в качестве примера внешний вид грузового автомобиля «КамАЗ» (вид спереди) и возможное расположение датчиков.

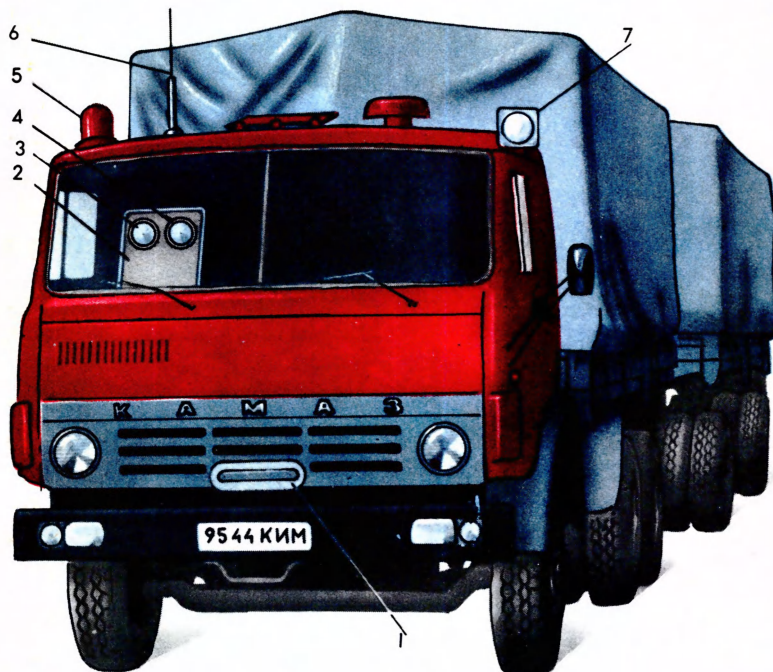


Рис. 42. Внешний вид грузового автомобиля «КамАЗ» с предполагаемым размещением датчиков внешней информации робота:

1 — дальномер; 2 — корпус робота-водителя; 3 — главная телевизионная камера переднего вида; 4 — запасная телевизионная камера переднего вида; 5 — специальный опознавательный сигнал автомобиля, ведомого роботом; 6 — приемная антенна; 7 — вспомогательная телевизионная камера, необходимая для операции «Обгон».

На рис. 43 приведена структурная схема робота-водителя, какой ее можно представить сегодня. На пульте управления должны располагаться общий выключатель робота, кнопка включения тест-программы, кнопка аварийного включения.

Перед включением робота в действие желательно проверить его состояние. Эту операцию можно осуществить с помощью специальной диагностической тест-программы, которая позволит убедиться в правильном функционировании всех узлов и механизмов робота, а в лучшем случае и автомобиля.

Описывая такой робот будущего, надо хотя бы вкратце сказать, каким видит его автор.

Робот-водитель должен располагаться на переднем сидении, справа от водителя и быть надежно на нем укреплен. Габаритные размеры робота можно представить приблизительно следующими цифрами: высота над сидением — 700 мм, ширина — 400 мм, глубина — 300 мм, т. е. объем примерно 70—80 дм³. Этот объем значительно превышает объем современ-

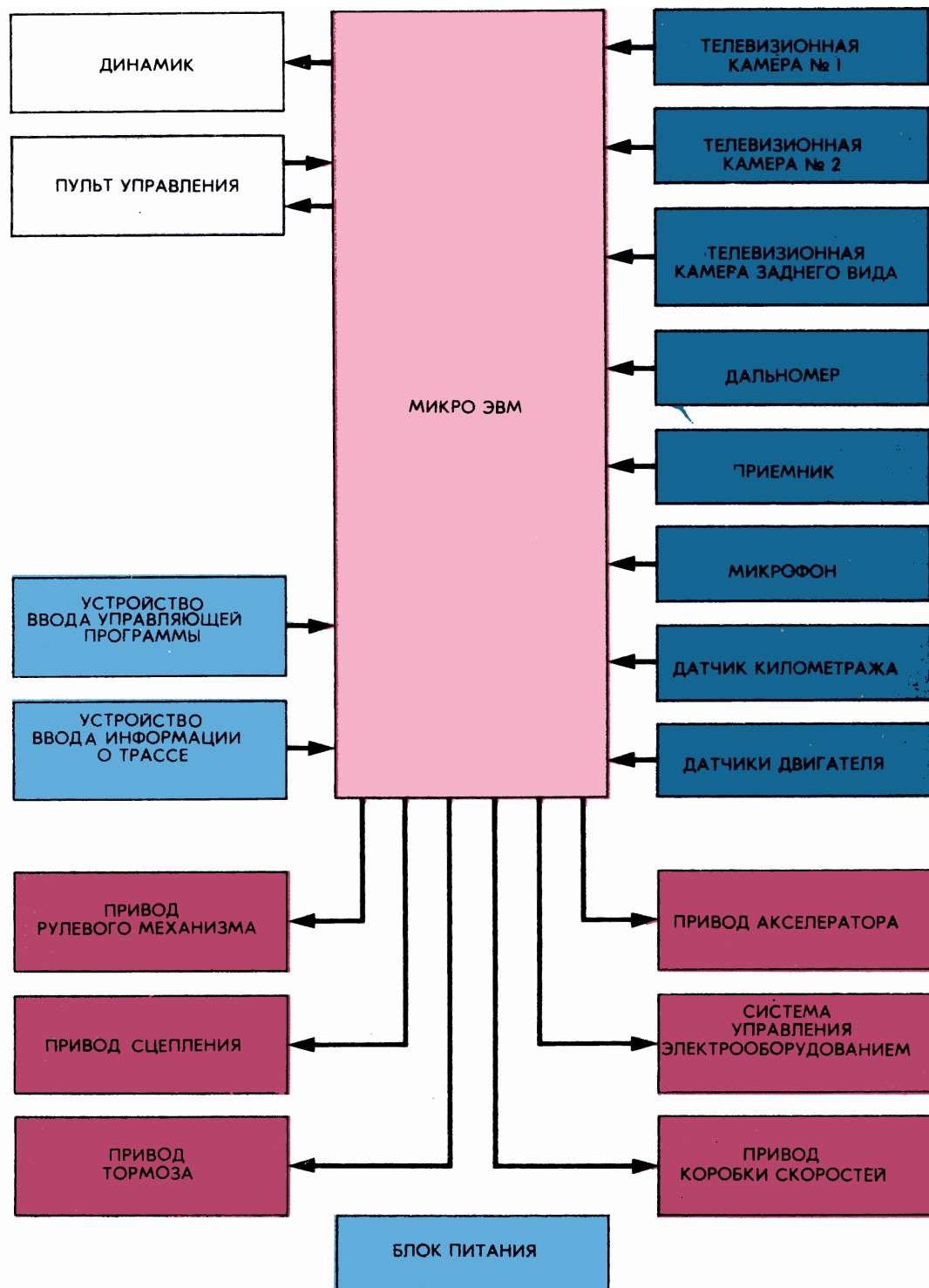
ных персональных компьютеров, что позволит свободно разместить всю аппаратуру.

Есть основание полагать, что в первую очередь такие роботы могут найти применение на грузовых машинах дальнего следования, потому что там они могут оказаться наиболее эффективными, и такие грузовые машины оборудованы пневмосистемами, а это в значительной степени упрощает реализацию привода органов управления педалями автомобиля.

Описывая принцип работы и некоторые возможности робота-водителя, автор не хотел упростить эту проблему, а стремился дать по возможности объективную оценку трудностей и постарался сделать оптимистический взгляд в будущее.

10. ДОМАШНЕЕ ХОЗЯЙСТВО

Мысль о применении роботов для выполнения не всегда приятных работ в быту, дома очень привлекает внимание большого количества специалистов и широкого круга заинтересованных потреби-



телей. И часто приходится слышать такие слова: «Ну хорошо, у металлорежущего станка или пресса роботы успешно справляются со своими обязанностями, а когда же наконец они помогут нам дома, в быту? Разве эта область менее важная и нужная? Скажите, а может ли робот мыть посуду?» и так далее.

Автор разделяет озабоченность таких людей и считает, что это очень важная проблема завтрашнего дня. И ему хотелось бы иметь такой робот, который может убирать квартиру (вместо него) и мыть его автомобиль.

Рассматривать большую, крупную проблему всегда легче и эффективнее, если она будет разделена на отдельные задачи или будет рассматриваться под разными углами зрения. К таким задачам можно отнести следующие: какие именно работы и как могут выполнять роботы в домашнем хозяйстве? Какой внешний вид желательно придать таким роботам? Какова будет их конструкция и основные технические характеристики? Какой должен быть интеллектуальный уровень таких роботов?

Кроме указанных в табл. 1 робот может выполнять следующие работы: мыть полов, ванной; автомобиля; стирку белья; смену колеса автомобиля, подсобные работы на кухне.

Совершенно самостоятельно стоит вопрос о создании роботов для детей. Конечно, автор не предполагает поручить роботам кормить грудных детей и их пеленать. Но ведь есть другой увлекательный аспект приложения роботов. Ведь мы, родители, постоянно покупаем своим маленьким детям различные игрушки, в том числе достаточно замысловатые и технически совершенные. Так почему же не использовать для этих целей робот? Правда, матери могут восстать против такой идеи, опасаясь, что большая металлическая игрушка-робот может повредить ребенку. В таком плане написана известная повесть А. Азимова «Робби». В этой повести рассказывается, как маленькая

Рис. 43. Структурная схема работа-водителя автомобиля.

девочка Глория привязалась к своему другу, «умному» роботу Робби. Мать девочки наконец восстала против этой дружбы и настояла на их разлучении. Повесть заканчивается тем, что робот Робби спасает девочку в опасный для ее жизни момент.

Так почему же не рассматривать роботов как интересную, большую и хорошую игрушку для детей старше пяти лет? Во-первых, робот может рассказывать чудесные сказки, предварительно записанные на магнитной ленте. Ребенок может услышать любую сказку, лишь нажав соответствующую кнопку. Такая задача может быть успешно решена уже сейчас. Во-вторых, робот может показывать известные картинки на своем маленьком экране. Заметим, что речь идет не о телевизоре, а о простейшем устройстве, которое может демонстрировать слайды, предварительно вложенные в это устройство. Эта задача решается сейчас элементарно. В-третьих, робот может катать детей на спине. А какие прекрасные песенки может напевать робот детям! Очень увлекательная перспектива, не правда ли?

Какой внешний вид желательно придать роботам для домашнего хозяйства?

Этот вопрос имеет свою достаточно интересную историю. В первые периоды развития робототехники, когда трудно выделить факты от легенд (см. гл. 1), роботам всегда придавался человекообразный вид. Эта точка зрения в те далекие годы была очень устойчивой и, в известной степени, сохранилась сейчас. Большое количество людей отождествляют слово «робот» с неким человекообразным механизмом, имеющим ноги, руки, голову и т. д.

В период бурного развития роботов первого поколения, промышленных роботов, было совершенно ясно показано, что промышленным роботам никоим образом не следует придавать человекообразную форму, так как и внешний вид, и конструкция определяются соответствующими техническими требованиями и условиями выполнения технологического или производственного процесса. Такая точка зре-

ния совершенно правильная. Она существует сегодня и, безусловно, будет существовать в будущем.

Но в различных исследовательских институтах, как например, в университете Васеда (Япония), институте «Михайло Пулина» (Югославия) и во многих других, ведутся исследования и создаются двуногие антропоморфные роботы. Идея создания человекоподобного робота не забыта и по-прежнему увлекает ученых.

Возвращаясь к внешнему виду робота для домашнего хозяйства, можно сказать следующее: конечно, желательно, чтобы такой робот был привлекательным на вид, создавал бы какие-то приятные иллюзии, был отработан с точки зрения технической эстетики и дизайна. Это обязательное требование к любому техническому изделию. Желательно, чтобы такой робот имел две руки с устройствами типа кисти человека, как говорят специалисты по робототехнике, захватные устройства. Робот должен передвигаться по квартире с некоторой скоростью.

Большое количество научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполненных в различных организациях, показало, что создание двуногих, четырехногих и шестиногих шагающих механизмов возможно, но сталкивается с большими научными и техническими трудностями. Созданные устройства пока еще очень сложные, несовершенные и, конечно, дорогие (рис. 44).

Для целей передвижения роботов в быту такой путь, во всяком случае в настоящее время, неприемлем. Остается старый, испытанный и надежный колесный ход. Гусеничные двигатели мы не рассматриваем.

Итак, робот на колесах небольшого размера, обрешеченных для бесшумного передвижения. Правда, возникает вопрос, а как же робот будет преодолевать лестницы и большие пороги? Ответ однозначный — не будет их преодолевать, примем такое ограничение.

Еще уместно ответить на вопрос о том, какой высоты должен быть такой робот? По-видимому, его высота должна быть та-

кая, чтобы руки могли свободно оперировать над столом, раковиной, ванной и т. д.

Возможно, роботу нужно иметь «голову», где будут установлены его «глаза» и «уши», он должен быть окрашен хорошей краской в несколько цветов.

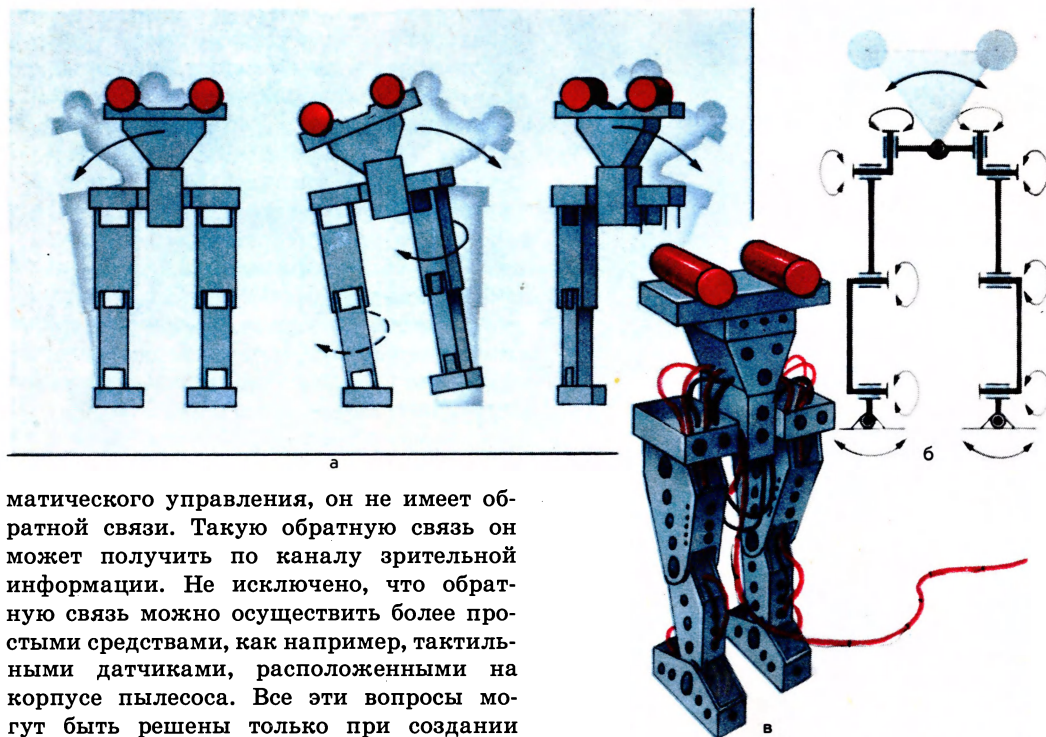
Так можно представить себе внешний вид робота для домашних работ завтрашнего дня.

Внешний вид робота для домашнего хозяйства автору представляется так, как это показано на рис. 45.

Уровень интеллекта робота Самый сложный и ответственный вопрос об уровне интеллекта робота. По-видимому, сейчас нельзя еще дать однозначный ответ на этот вопрос. Скорее всего, возможны роботы с разным интеллектуальным уровнем. Можно пояснить это на следующих примерах. Рассмотрим поведение робота при работе с пылесосом.

Роботу нужно видеть участок пола, уметь перемещать трубу пылесоса по полу, двигаться последовательно по комнатам и обходить препятствия (мебель, стены). Движения робота должны подчиняться определенной программе, которой его обучит владелец квартиры. В свете достижений робототехники сегодняшнего дня при создании такого робота не предвидится каких-либо непреодолимых препятствий.

Ранее, в гл. II были рассмотрены подробно методы программирования промышленных роботов, в частности, принцип обучения. Не предполагается, что новый робот будет уметь очищать пылесосом любую квартиру, его надо обучить выполнять эту процедуру применительно к конкретной обстановке. Такая задача может быть успешно решена уже сейчас. Трудности резко возрастают тогда, когда расположение мебели изменится, например, кресло будет стоять иначе. Робот с обычным программным управлением не сможет справиться в такой ситуации, так как не имеет «зрения» или иных датчиков внешней информации, способных определить изменения в окружающей среде. Выражаясь терминами теории авто-



матического управления, он не имеет обратной связи. Такую обратную связь он может получить по каналу зрительной информации. Не исключено, что обратную связь можно осуществить более простыми средствами, как например, тактильными датчиками, расположенными на корпусе пылесоса. Все эти вопросы могут быть решены только при создании такого робота и накоплении опыта его эксплуатации.

Еще более сложная задача стоит при сервировке стола и уборке посуды. Для таких задач интеллектуальный уровень робота должен быть на порядок выше или даже более совершенным, иначе при первой же попытке на полу окажется груда битой посуды. Из сказанного выше следует, что создание роботов такого типа следует начинать с простейших операций, постепенно их усложняя по мере накопления опыта.

11. ОХРАНА ПОМЕЩЕНИЙ

В настоящее время разработано большое количество различных систем и устройств для охраны помещений. Большинство из них срабатывают при открытии дверей, оконных рам, разрушении стекла и т. д. Это сигнальные системы, назначение которых состоит в подаче звукового сигнала или, чаще всего, сигнала тревоги на специальный диспетчерский пульт.

Рис. 44. Схема передвижения (а), кинематическая схема (б) и фрагмент конструкции двуногого шагающего робота (в) (Япония).

Несмотря на достаточно широкое распространение таких систем охраны помещений, они имеют существенные недостатки. Нарушитель, проникший в помещение, остается свободным некоторое время (несколько минут) до приезда милиции и, быстро выполнив свое черное дело, может безнаказанно скрыться. Система, подав сигнал тревоги, далее бездействует. Кроме того, системы такого типа не реагируют на появление в помещении воды, пожара в начальной его стадии и т. д. Поэтому в большинстве случаев охрана помещений возлагается на человека, сторожа. Нельзя не согласиться, что это неприятная, опасная и непрестижная работа.

Можно представить себе большой склад, плохо освещенный, ночью, особенно зимой, который надо охранять, причем сторож должен всю ночь осматривать помещение, а не сидеть на одном

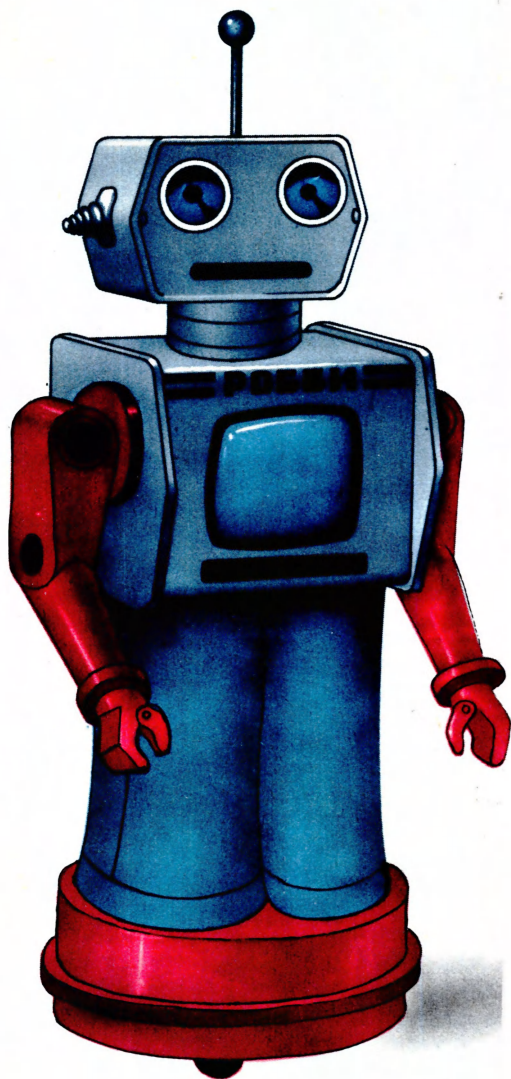


Рис. 45. Один из возможных вариантов внешнего вида робота с искусственным интеллектом для домашнего хозяйства.

месте. Если к этому добавить, что в любой момент могут появиться вооруженные злоумышленники, то мрачная картина станет совсем неприятной.

Объединенной группой японских ученых из ведущих робототехнических научно-исследовательских центров впервые предпринята попытка создать интеллектуальный робот, способный к несению

охранной, патрульной службы. Робот создан на базе автономного интеллектуального робота в университете Цукуба. К этому роботу были добавлены специальные блоки и программное обеспечение, необходимые для выполнения функций наблюдения и сигнализации. Общий вид патрульного робота показан на рис. 46. Он имеет габаритные размеры $600 \times 600 \times 1000$ мм, общая масса его примерно 60 кг. Питание у робота автономное, осуществляется с помощью двух бортовых аккумуляторных батарей с напряжением 12 В. Робот установлен на колеса и может передвигаться по горизонтальной поверхности со скоростью 0,5 м/с. Управление движением осуществляется от четырех бортовых микропроцессоров.

Этот патрульный робот имеет следующие основные достоинства: полная автономность питания; модульный принцип построения и хорошая структура аппаратных и программных средств, что в известной степени упрощает работы по его совершенствованию; компактная специализированная операционная система управления действиями робота; развитые системы датчиков внешней информации (сенсорные системы) для наблюдения и выполнения навигационных задач; возможность автономного функционирования и выработки соответствующих решений в случае обнаружения источника пожара или человека-нарушителя в охраняемой зоне.

Общая компоновка такого интеллектуального робота похожа на компоновку робота для бытовых целей, но в нем отсутствуют руки-манипуляторы.

Система управления робота для несения охранной и патрульной службы достаточно сложная, построенная по модульному принципу.

Для обнаружения предметов в охраняемой зоне, измерения расстояния до них применяются ультразвуковые локаторы. Эти локаторы, совмещающие изучающее и приемное устройства, периодически сканируют и по команде главного управляющего модуля выдают информацию о направлении и дальности объекта. По

команде главного модуля управления возможно проведение обмера и распознавание объекта. Во время передвижения робота с помощью ультразвуковых локаторов определяют проходы и препятствия на трассе движения.

Робот такого типа оборудован датчиками касания к предметам окружающей среды, что совершенно необходимо для безопасного его перемещения в охраняемом помещении. Датчики приближения и касания основаны на эффекте изменения интенсивности отраженного инфракрасного излучения и собственно касания с использованием пьезоэлементов. Эти датчики встроены в амортизирующий бампер в нижней части робота.

Для связи с центральным пультом робот имеет радиопередатчик и приемник. На борту установлен синтезатор речи, который позволит роботу подавать команды голосом. Это свойство робота должно действовать на злоумышленника особенно жестко.

По командам, выдаваемым главным модулем управления, выполняются такие функции как обнаружение злоумышленника и источников возгорания в охраняемой зоне, определение скорости и направления его движения, а также расстояние до источника пламени, и т. д. В случае обнаружения человека в охраняемой зоне робот начинает отслеживать его местоположение. Получив эту информацию, в системе управления вырабатываются команды для преследования злоумышленника.

В число исполнительных модулей входят устройства пожаротушения и фотографирования окружающей обстановки, оборудованные лампой-вспышкой. Последнее необходимо для документального подтверждения происшествия.

Таким образом, при обнаружении злоумышленника патрульный робот начинает за ним следить, преследовать, затем выдает сигнал тревоги по радио на центральный пульт, включает речевое устройство, предупреждает злоумышленника голосом и, кроме того, ведет съемку фотокамерой.

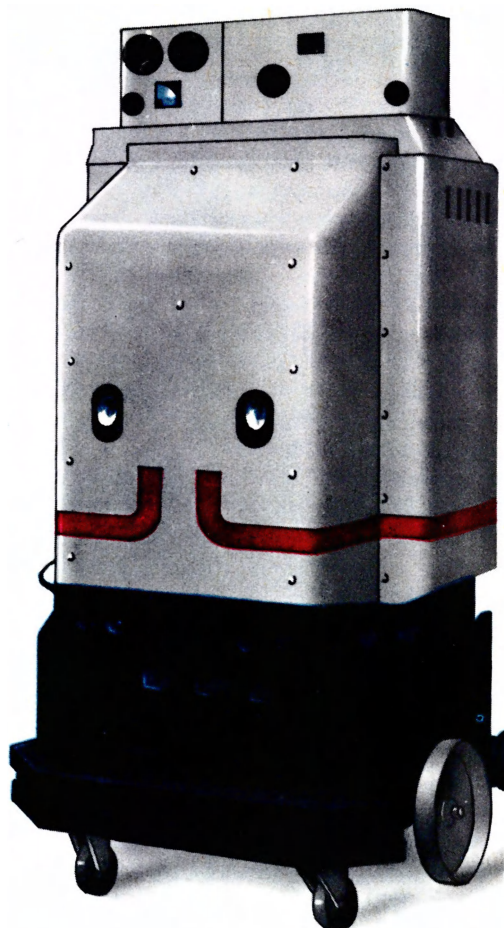


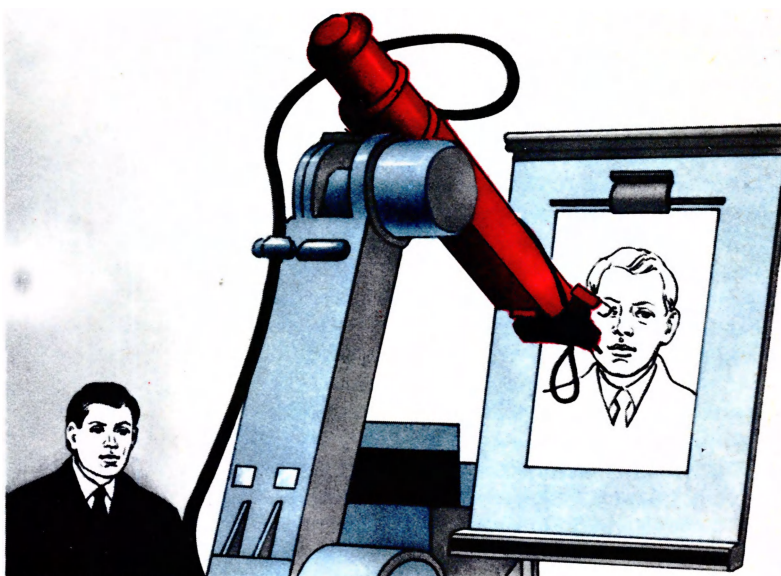
Рис. 46. Общий вид патрульного робота, предназначенного для охраны помещений (Япония).

Создан экспериментальный образец робота для патрульной службы, который прошел предварительные испытания. Отмечено, что робот хорошо справляется с порученным заданием — охраной помещения, однако скорость преследования слишком мала. В дальнейшем предполагается улучшить его характеристики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вот и закончилось наше путешествие в увлекательный мир роботов, главным образом в мир будущего, но не закончилась эволюция самих роботов. Возмож-

Рис. 47. Робот-художник, который может рисовать с натуры.



но, что мы находимся на том этапе их развития, когда наступает качественный скачок.

Если вы, читатель, дошли до этих строк, значит проявили определенную заинтересованность проблемой робототехники. Теперь, когда чтение книги закончено, уместно еще раз вернуться к ее названию. Не слишком ли категорично звучит оно? Ведь проблема создания роботов с искусственным интеллектом находится в начале своего развития. Действительно, может быть, точнее было бы название «К вопросу о некоторых аспектах создания и применения роботов с элементами искусственного интеллекта?»

Но это название длинное, громоздкое и слишком уж претенциозное. Для популярной книги оно не подходит и поэтому решено было выбрать название «Роботы с искусственным интеллектом».

Несмотря на то что проблема создания и применения роботов с искусственным интеллектом находится в начале своего развития и сегодня еще трудно предвидеть все последствия в будущем, жалеть усилий, времени и средств на ее развитие нельзя. Это было бы недальновидно.

Следует полагать, что роботы с искусственным интеллектом будут развиваться по пути создания профессиональных, проблемно-ориентированных моделей. Нет никакого сомнения в том, что среда обитания робота будет накладывать свой неизгладимый отпечаток на форму, конструкцию и методы управления роботом.

В этом просматривается принципиальная разница в качестве процесса эволюции человека и робота. Человеку свойственно приспосабливаться к окружающей среде в значительной степени. У роботов границы приспособления к экстремальным условиям обитания будут значительно шире. Робот может и должен приобретать новые формы, механизмы и конструктивные особенности.

Можно сказать, что робототехника конца XX века развивается во многих направлениях, идет поиск наиболее целесообразных областей применения роботов и, конечно, их конструкций. В стратегическом плане успехи в развитии робототехники будут в значительной степени зависеть от того, как скоро определятся эти главные направления и области применения интеллектуальных роботов.

Сейчас иногда говоря о роботах сле-

дующих поколений, особенно когда описывают появившиеся недавно в Японии робот-гид и робот-художник, который рисует с натуры (рис. 47). Эта «умная» установка демонстрировалась на выставке «Экспо-85» «Наука и техника в доме человека».

Автор не склонен считать правильным такой подход. Не в увеличении количества поколений задача. Такой подход только усложнит терминологию и не принесет конкретной пользы. Одним из важных факторов, которые будут решающим образом влиять на развитие робототехники в будущем, является миниатюризация средств вычислительной техники, увеличение быстродействия и существенное повышение надежности роботов. Если в этом направлении не будут достигнуты решающие результаты, то робототехника будет развиваться только в теоретическом плане и в виде создания лабораторных и экспериментальных образцов, непригодных для широкого использования.

Большое влияние на проблему создания роботов с искусственным интеллектом может оказать бионика. Изучение принципов построения и функционирования биологических систем с целью создания новых машин и устройств может оказаться плодотворным направлением в области робототехники. Особое место представляет нейробионика, которая изучает и реализует в технических устройствах принципы переработки информации в нервной системе человека и животных.

Проблема взаимодействия человека с роботом привлекает внимание специалистов и считается очень важной и перспективной задачей в робототехнике. Если говорить о взаимодействии человека с роботом первого поколения, то эта задача решена достаточно полно. Симбиоз человека и робота первого поколения привел

к частичному перераспределению обязанностей и сфер деятельности. Человек оставил за собой право творца роботов, обучает роботы и обслуживает их. Что касается последней обязанности, то автор совершенно уверен в том, что это временное явление. Пройдет немного времени и роботы будут обслуживать себя сами.

Сложнее обстоит задача с интеллектуальными роботами. Вычислительные устройства обладают «способностями», отличными от человека. Принципиальное различие способностей человека и робота с искусственным интеллектом открывает при разумном их сочетании широкие возможности для достижения высокой эффективности в разных направлениях. Для этого необходимо провести тщательный анализ проблемы взаимодействия между человеком и машиной.

Представляется перспективным человеку ставить и формулировать общие цели, а роботу разрабатывать пути решения этих целей, исследуя все возможности. И ничего плохого не будет в том, что робот периодически будет просить совета у человека.

В книге «Творец и робот» известный ученый Норберт Винер писал: «Будущее оставляет мало надежд для тех, кто ожидает, что роботы создадут для нас мир, в котором мы будем освобождены от необходимости мыслить. Помочь они нам могут, но при условии, что наши честь и разум будут удовлетворять требованиям самой высокой морали».

Автор надеется, что эта книга поможет широкому кругу читателей ознакомиться с этой важной проблемой, а специалистам, может быть, подскажет новые идеи и решения.

В этом случае автор будет считать свою задачу выполненной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азимов А. Три закона робототехники.— М.: Мир, 1979.— 400 с.
2. Автоматы и разумное поведение / Н. М. Амосов, А. М. Касаткин, Л. М. Касаткина и др.— К.: Наук. думка, 1973.— 260 с.
3. Артоболевский И. И., Кобринский А. Е. Знакомьтесь — роботы.— М.: Мол. гвардия, 1977.— 240 с.
4. Белянин П. Н. Робототехнические системы для машиностроения: Автомат. манипуляторы и робототехн. системы.— М.: Машиностроение, 1986.— 256 с.
5. Бусленко В. Н. Наш коллега — робот.— М.: Мол. гвардия, 1984.— 222 с.
6. Васянин В. И. Сельскохозяйственные роботы.— М.: Колос, 1984.— 124 с.
7. Винер Н. Творец и робот.— М.: Прогресс, 1966.— 102 с.
8. Глушков В. М. Основы безбумажной информатики.— М.: Наука, 1982.— 522 с.
9. Интегральные роботы / Под ред. Г. Е. Поздняка.— М.: Мир, 1973.— 421 с.
10. Касаткина Л. М., Касаткин А. М. Эвристические модели поведения / Некоторые пробл. биокibernетики.— К.: 1966.— Вып. 2.— С. 00—00.
11. Катус Г. П. Визуальная информация и зрение роботов.— М.: Энергия, 1979.— 176 с.
12. Крицкий Н. А. Алгоритмы и роботы.— М.: Радио и связь, 1983.— 168 с.
13. Костюк В. И., Ямпольский Л. С., Иваненко И. Б. Промышленные роботы в сборочном производстве.— К.: Техника, 1983.— 183 с.
14. Куафе Ф. Взаимодействие робота с внешней средой: Пер. с франц.— М.: Мир, 1985.— 285 с.
15. Планетоходы/ А. Л. Кемурджиан, В. В. Громов, И. Ф. Катукало и др.— М.: Машиностроение, 1982.— 319 с.
16. Попов Е. П., Верещагин А. Ф., Зенкевич С. С. Манипуляционные роботы: Динамика и алгоритмы.— М.: Наука, 1978.— 398 с.
17. Поспелов Г. С. Искусственный интеллект — основа новой информационной технологии / Материалы Междунар. семин. по искусственному интеллекту.— Л., 1983.
18. Поспелов Д. А. Ситуационное управление: Теория и практика.— М.: Наука, 1986.— 288 с.
19. Патон Б. Е., Спыну Г. А., Тимошенко В. Г. Промышленные роботы для сварки.— К.: Наук. думка, 1977.— 176 с.
20. Радунская И. Л. Люди и роботы.— М.: Сов. Россия, 1986.— 272 с.
21. Робототехника и гибкие автоматизированные производства: В 9 кн. Кн. 6. Назаретов В. М., Ким, Д. П. / Техническая имитация интеллекта: Учеб. пособие для вузов; Под ред. И. М. Макарова.— М.: Высш. шк., 1986.— 144 с.
22. Робототехника / Под ред. Е. П. Попова, Е. И. Юревича.— М.: Машиностроение, 1984.— 288 с.
23. Сварка и специальная электрометаллургия: Сб. науч. тр./ Под ред. Б. Е. Патона.— К.: Наук. думка, 1984.— 288 с.
24. Семенов Ю., Горбовский А. Забытые страницы истории // Мир приключений.— М.: Дет. лит., 1984.— 536—625 с.
25. Спыну Г. А. Промышленные роботы: Конструирование и применение.— К.: Выща шк., 1985.— 176 с.
26. Тимофеев А. В. Роботы и искусственный интеллект.— М.: Наука, 1978.— 192 с.
27. Хант Э. Искусственный интеллект: Пер. с англ.— М.: Мир, 1978.— 558 с.
28. Эйрис Р., Миллер С. Перспективы развития робототехники: Пер. с англ.— М.: Мир, 1986.— 328 с.
29. Юревич Е. И. Основы робототехники: Учеб. для вузов.— Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1985.— 271 с.
30. Ястребов В. С. Подводные работы.— Л.: Судостроение, 1977.— 124 с.
31. Hesse S. Golems Enkel: Urania — Verlag, Leipzig — Jena — Berlin, 1986.— 168 p.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие. 3

Глава 1. ПРЕДЫСТОРИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ РОБОТОВ 7

1. Мечты и легенды. Взгляд в глубь веков 7
2. Первые андройды. Забавные создания прошлых столетий 8
3. Первые шаги робототехники. Кибернетические игрушки 14
4. Роботы нашего времени. Бурное развитие робототехники 16

Глава 2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ 17

1. Что такое робот? 17
2. Состояние в настоящее время 18
3. Общение человека с роботом 27
 - Метод обучения* 27
 - Аналитическое программирование* 28
 - Речевое управление роботами* 29
 - Связь роботов между собой* 30

Глава 3. АДАПТИВНЫЕ РОБОТЫ 31

1. Общие положения 31
2. Окружающая среда 32
3. Устройства управления 33

Глава 4. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ 37

1. Общие представления 37
2. Проблема технической реализации искусственного интеллекта 41
 - Распознавание образов* 43
 - Алгоритмы и языки* 48
 - Планирование поведения* 50
 - Представление знаний и их преобразование* 52
3. Биотехнические системы 54
4. О будущем искусственного интеллекта 57

Глава 5. НА ПУТИ К СОЗДАНИЮ РОБОТОВ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ 62

1. Примеры операций и занятий, выполняемых роботом 62
2. Стенфордский интеллектуальный робот 64
3. Космические роботы 65
 - Планетоходы* 67
 - Сварка в космосе* 70
 - Перспективы сборки и монтажа конструкций орбитальных станций* 72
4. Подводные роботы 74
5. Сборочное производство 78
6. Роботы 86
7. Сельское хозяйство 90
8. Зоны высокой радиоактивности 95
9. Робот — водитель автомобиля 97
10. Домашнее хозяйство 101
11. Охрана помещений 105

Заключение 107

Список литературы 110

Научно-популярное издание

СПЫНУ ГЛЕБ АЛЕКСАНДРОВИЧ,
д-р техн. наук

**РОБОТЫ
С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ**

Редактор *С. В. Калина*

Оформление художника
Б. И. Савченко

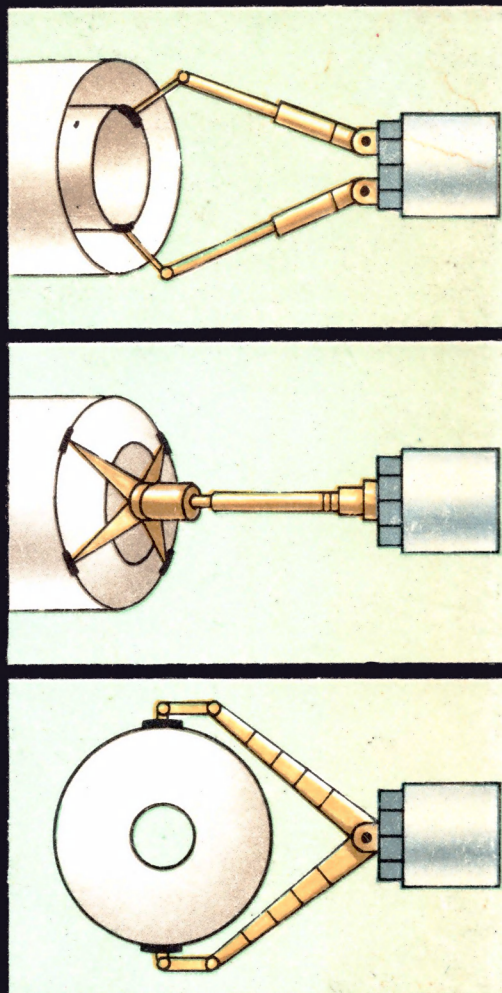
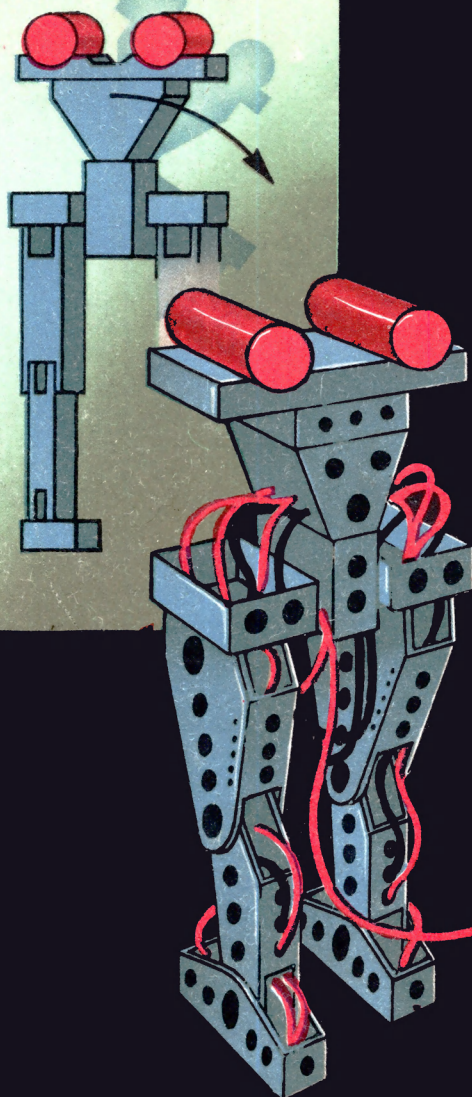
Художественный редактор
Е. И. Корольков

Технический редактор
Н. А. Бондарчук

Корректоры
Т. Е. Царинская, Л. А. Москаленко

ИБ № 3803

Сдано в набор 11.11.88. Подписано в печать 17.04.89.
БФ 10227. Формат 70×100¹/₁₆. Бумага офсетная. Гарнитура
школьная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 9,03. Усл. кр.-
отт. 32,95. Уч.-изд. л. 9,4. Тираж 10 000 экз. Зак. 8—336.
Цена 1 р. 20 к.
Издательство «Тэхника». 252601 Киев, 1, ул. Крещатик, 5.
Текстовые диапозитивы изготовлены на Головном пред-
приятии РПО «Полиграфкнига».
Киевская книжная фабрика «Жовтень». 252053, Киев-53,
ул. Артема, 25.



Законы робототехники:

1. Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред.
2. Робот должен повиноваться всем приказам, которые отдает человек, кроме тех случаев, когда они противоречат первому закону.
3. Роботу следует заботиться о своей безопасности в той мере, в которой это не противоречит первому и второму законам.

А. Азимов