

Глава 11. Робототехника и другие технологии в эпоху самоуправляемых систем

11.1. РОБОТОТЕХНИКА КАК НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ САМУПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ

Понятие робота весьма неопределенное, сегодня роботом называют и компьютерные программы, и манипуляторы, и другие механизмы, и человекоподобную автономную конструкцию. Но, несмотря на такое многообразие, ряд важнейших характеристик роботов всех видов вполне может быть сформулирован. Для нас особенно важно, что эти характеристики в значительной степени совпадают с характеристиками кибернетической революции и ее технологий. Прежде всего идеальный робот (который может двигаться, действовать и решать задачи в зависимости от обстановки, а также вступать в разумную коммуникацию) – это хороший пример самоуправляемой системы. Он также наглядно отражает конкретные преломления главных категорий кибернетики¹, а именно: активную работу с информацией (ее получение, анализ, распределение, трансформация и т. п.), управление всей системой (и другими объектами) с помощью информации, гибкое взаимодействие с окружающей средой, наличие контуров прямых и обратных связей, что позволяет выполнять различные функции. Любопытно, что роботы почти с самого начала отличались и формой обучения (хотя и сходной с программированием ЧПУ, но все же более похожей на реальное обучение). Дело в том, что программа промышленных роботов записывалась не на перфоленду, а вносилась в их память путем обучения. Человек проводит рукой робота по рабочей траектории, узловые точки которой записываются в память устройства управления, после чего робот может их повторять нужное количество раз. Такой способ получил название «обучение по первому рабочему циклу» (Накано 1988: 15). Но и любой другой робот обладает определенной степенью автономности (Баженов б. г.), в той или иной степени приближаясь к самоуправляемости; многие из них могут манипулировать предметами и объектами, вступать в коммуникацию, обладают техническими органами чувств, памятью и т. п. Определений роботов множество, они меняются по мере развития робототехники. Но характерно, что так или иначе во многих определениях можно выделить стремление трактовать робота как самоуправляемую систему. Например, *робот – это устройство, способное самостоятельно перемещаться в пространстве, справиться с задачами анализа и распознавания образов, обладающее большим числом степеней подвижности, умеющее анализировать обстановку с помощью обратной связи, а также прогнозировать ситуации, опираясь на собственный опыт и доступную информацию* (определение профессора Сигеру Ваатата, см.: Накано 1988: 26).

Отсутствие четкой грани между роботами и умными машинами и порой даже просто машинами (поскольку к роботам нередко относят и автоматические

¹ «Бионика и кибернетика – теоретические основы роботостроения», – отмечал В. Мацкевич (1988).

поезда, и беспилотные летательные аппараты, и даже банкоматы), на наш взгляд, говорит о том, что и роботы, и умные машины, и умные технологии – вся техносфера осуществляет движение к сложным самоуправляемым системам.

Уже с 1980-х гг. выделяют несколько поколений роботов (см., например: Муладжанов, Маслов 1986; Русецкий 1990; Накано 1988: 325 и далее). К *роботам первого поколения* обычно причисляют все копирующие и программируемые манипуляторы. Такие машины имеют программное управление, но выполняют жесткую, не меняющуюся в процессе работы программу и чаще называются *промышленными роботами*. Предназначены они для автоматизации несложных операций при неизменном состоянии окружающей среды. *Роботы второго поколения* оснащены датчиками для выполнения более интеллектуальных функций. Наконец, к *роботам третьего поколения* относятся автономные мобильные роботы с самостоятельной адаптивной программой. Примерами роботов I, II и III поколений будут соответственно: линия для автоматической сварки и покраски кузовов; автоматическая линия сортировки яблок по спелости; научно-исследовательские проекты для космоса и поиска новых решений (Баженов б. г.).

11.2. РОБОТОТЕХНИКА В НАЧАЛЬНОЙ ФАЗЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ²

Первые *программируемые* механизмы с манипуляторами появляются в 1930-х гг. в США. Дальнейшим прорывом на пути к созданию роботов стало изобретение принципа управляющих программ (в 1940-е гг.).

Идеи кибернетики (в частности, Н. Винера и Дж. фон Неймана) в приложении к теме манипуляторов привели к созданию сервоприводов. Сервоприводы – это двигатели, которые позволяют очень точно управлять углом поворота ротора, скоростью вращения или силой момента, что дает возможность роботу не только подводить руку к объекту, но и, например, удерживать этот объект в строго определенном положении, несмотря на его вес. Применение обратной связи по положению, скорости или моменту позволило решить очень сложную проблему, используя двигатели без точного управления, только в обратной связи с датчиками. Прорыв в робототехнике был ускорен, как ни странно это звучит, появлением атомной промышленности, где была поставлена задача – обезопасить работу персонала с радиоактивными препаратами, которая и была успешно решена использованием роботов-манипуляторов, копирующих движения человека-оператора. Эти устройства на пути к подлинным роботам сейчас имеют название «копирующие манипуляторы», или MSM (master-slave manipulators).

К 1960-м гг. были созданы предпосылки для появления роботов первого поколения с неизменяемой программой. А в 1961 г. на производственной линии завода *General Motors* (штат Нью-Джерси) был внедрен первый в мире промышленный робот. Управляющая программа была записана на магнитном барабане, вес которого составлял 1814 кг. С этого времени началась эпоха очень быстрого развития робототехники, которая стала синонимом автоматизации (но и потери миллионов рабочих мест) и создала представление о том, что будущее научно-

² При создании этого и следующих разделов по робототехнике использовались материалы: Макарецкий 2013; Баженов б. г.

технической революции (тогда так называлась кибернетическая революция) связано именно с роботами. В 1969 г. был создан первый промышленный робот-манипулятор, аналогичный человеческой руке, в 1968–1969 гг. роботы получили «техническое зрение», появились устройства с зачатками интеллекта. Это был механизм на колесиках, который решал задачу объезда возможных препятствий – различных кубиков. При этом «мозг» робота занимал целую комнату по соседству, общаясь с «телом» по радиосвязи. В 1970 г. на Луну был высажен первый самоходный робот «Луноход-1». Наконец, в 1971 г. в Германии была запущена первая в Европе роботизированная (и автоматизированная) линия с применением сварочных роботов. С этого времени автомобилестроение стало (и до сих пор остается) главным фронтом применения роботов (см. ниже).

1970-е гг. были связаны с дальнейшими успехами в робототехнике, во многом обусловленными прогрессом в электронике. Так, в 1974 г. был применен цифровой микропроцессор в контроллере робота, а в следующем году был создан первый промышленный робот грузоподъемностью до 60 кг, что позволило автоматизировать утомительную погрузку и разгрузку на заводах.

Задачи по автоматизации точечной сварки открыли новую эру в робототехнике с применением электроредукторов, пришедших на смену гидравлическим приводам. Компания *Nachi* (Япония) разработала первого робота на базе редукторов. Наконец, в 1980 г. в США был создан первый робот портального типа, имевший более высокую степень досягаемости до объектов, чем классические роботы с основанием, и способный заменить сразу несколько таких устройств.

В течение начальной фазы кибернетической революции в основном были распространены роботы, предназначенные для циклического повторения одинаковых операций (Накано 1988: 326), то есть неинтеллектуальные роботы. Но к концу этой фазы в 1970–1980-х гг. стали распространяться и роботы второго поколения. В отличие от своих менее совершенных собратьев они имеют определенный набор датчиков, информация от которых позволяет устройствам до некоторой степени корректировать их движения. Это роботы с функциями распознавания или адаптации (Там же). 1980-е гг. ознаменовались также прогрессом в программировании роботов. В частности, в 1982 г. корпорация *IBM* создала мощный и легкий в применении язык программирования специально для роботизированных приложений. Роботы все совершенствовались: был создан робот с электроприводом и с применением электродвигателей. Новая конструкция сделала роботов более простыми и надежными, сохранив высокую скорость выполняемых процессов. Наконец в 1985 г. свершилась мечта фантастов – роботы начали производить себе подобных. Первой, кто использовал собственных промышленных роботов для создания других роботов, была компания *Fanuc*.

11.3. РОБОТОТЕХНИКА НА МОДЕРНИЗАЦИОННОЙ ФАЗЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Таким образом, начальная фаза кибернетической революции продемонстрировала такой мощный взлет новой отрасли робототехники, что мало у кого оставались сомнения: впереди ее непременно ждут не просто успехи, но и поле широчайшего применения. Действительно, возможности роботов казались беспредельными. Серьезные футурологи, некоторые прогнозы которых сбылись, пред-

сказывали, например, что в 1980-е гг. промышленное применение роботов увеличится примерно до 35 % в год (Кан 1986: 182). Однако рост был куда скромнее. Именно в отношении робототехники модернизационная фаза проявила свои черты особенно наглядно. Эта фаза, как мы уже не раз говорили, характерна мощным распространением и усовершенствованием уже сделанных инноваций. Однако сами инновации в этот период являются не столь прорывными, как в начальной фазе. В то же время в последней части модернизационной фазы начинается активный поиск новых направлений прорыва, некоторые из которых окажутся востребованными в завершающей фазе производственной революции.

Роботы в 1990-е гг. продолжали развиваться: совершенствовались их характеристики, программное обеспечение, улучшился интерфейс, управление стало более удобным и т. п. Но акцент был сделан на развитии информационных роботов, а не промышленных (мы уже говорили о применении таких программ-роботов на фондовых биржах). В отношении роботов очень наглядно проявляется процесс уменьшения и даже миниатюризации. И хотя, конечно, этот термин звучит не совсем адекватно для таких больших машин, тем не менее «мозг» роботов стал небольшим, и если сравнить вес и возможности современных устройств и роботов предшествующих поколений, то картина становится абсолютно ясной. Так, фирма *KUKA* совместно с *DLR* (Институт робототехники и мехатроники, Германия) создали первого робота из алюминия, который при грузоподъемности 7 кг имел вес 16 кг. Первый аналогичный робот со схожими характеристиками весил 2000 кг. В 2007 г. был создан робот-рекордсмен, чье запястье позволяло удерживать изделия весом до 1200 кг.

Итак, дальнейшего развития автоматизации и роботизации производства, обещанного футурологами в 1980–1990-е гг., не случилось. По мнению С. Циреля (2014), это произошло как из-за низкой стоимости труда в Китае (и ряде других стран, конечно), так и из-за неудачи тогдашних планов создания искусственного интеллекта. Действительно, 1990–2000-е гг. – это период деиндустриализации в западных экономиках, когда промышленные производства активно переводились в развивающиеся страны (см. подробнее: Гринин 2013а; Grinin, Korotayev 2014b; 2015a)³. При низкой цене на труд внедрение в этих странах роботов было не особенно целесообразным. Хотя в настоящее время в КНР робототехника развивается в достаточной степени. А в западных странах, откуда крупная промышленность была выведена, где доля промышленности (и численность рабочих) постоянно сокращается, необходимость в замене труда рабочих существенно уменьшилась, соответственно сократились и инвестиции в подобные исследования. Робототехника продолжает развиваться в таких странах, как Германия и Япония, во многом потому, что там в большей степени, чем в других развитых странах, сохраняется тяжелая промышленность.

Число промышленных роботов, по-видимому, будет расти достаточно активно за счет модернизации экономики развивающихся стран, но, скорее всего, промышленное направление робототехники не станет прорывным в начальный период завершающей фазы кибернетической революции 2030-х гг., а наберет темп несколько позже.

³ Процесс деиндустриализации ярко описан в: Мартин, Шуман 2001; книга была выпущена в 1997 г. в самый разгар данного процесса (Martin, Schumann 1997).

По данным Международной ассоциации роботостроения, в 2010 г. в мире было задействовано на производстве чуть больше 1 млн роботов (учитываются только достаточно продвинутые машины, у которых как минимум три оси подвижности и есть возможность свободного программирования). Количество роботов каждый год увеличивается на 100 и более тысяч «особей». При этом тренд заказов перемещается в Азию, так же как и область производства электротехники (например, в 2010 г. 26 000 устройств из 120 000). Роботы используются здесь в первую очередь для выполнения работ в стерильных условиях (как, впрочем, и в фармацевтической промышленности), сборки и упаковки продукции (Смирнова 2011). Тем не менее значительное количество роботов по-прежнему трудится в автомобилестроении, где на 10 000 рабочих приходится от 400 до 700 роботов. Для сравнения, при производстве электроники на такое же количество рабочих приходится 100–200 роботов, в пищевой промышленности – менее 50 (Там же). Роботы активно применяются в логистических центрах и в ряде других направлений. На Рис. 11.3.1 представлены оценки поставки промышленных роботов.

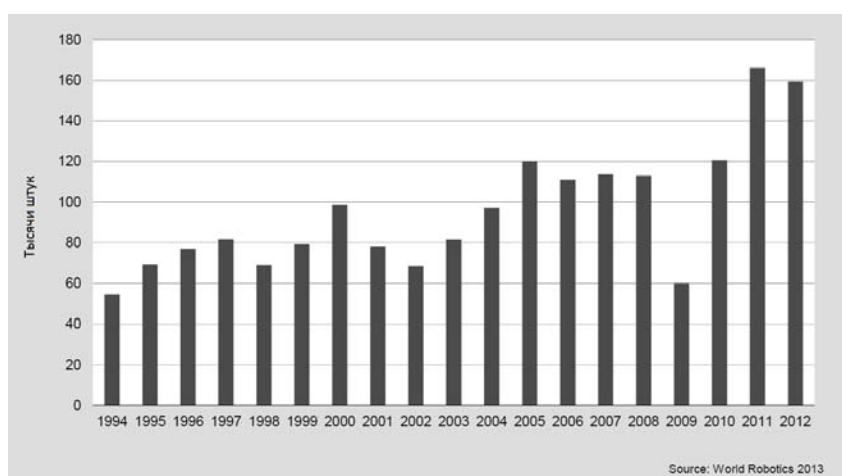


Рис. 11.1. Поставки промышленных роботов в 1994–2012 гг. (Цирель 2014: 365)

Согласно отчету *World Robotics* (2013), в 2014–2016 гг. рост количества роботов ожидается в среднем на 6 %.

Терри Гоу (*World Robotics* 2013; Vonev 2013), руководитель тайваньской фирмы *Foxconn*, крупнейшего в мире производителя микроэлектроники, утверждал, что его компания в течение трех лет заменит часть своих работников на заводах в Китае на 1 млн роботов, то есть практически удвоит мировой парк промышленных роботов. На момент анонса *Foxconn*, по его данным, уже изготовил 10 000 роботов и планировал увеличить это число до 300 000 в 2012 г. и до 1 млн к 2014 г. (Ауслендер 2014). Однако фактические успехи в 2012 г. были примерно в 20 раз меньше обещанных, а сами роботы *Foxbot* оценивались специалистами как дешевые и достаточно надежные, но заметно уступающие лучшим мировым образцам по своим возможностям и удобству использования (см.: Цирель 2014). По информации, полученной в мае 2015 г., на *Foxconn* было

задействовано всего 50 000 роботов, занятых на производстве *iPhone* и *iPad* (Foxconn переходит... 2015). Это немало, но лишь 5 % от обещанного. И по-прежнему *Foxconn* изготавливает до 10 000 роботов в год (Там же). Конечно, у роботов есть преимущества перед людьми: они работают не только быстрее, но и качественнее, их применение также снижает уровень брака изделий, что крайне важно при выпуске дорогих устройств. Тем не менее промышленность пока не имеет необъятного рынка для внедрения роботов, тем более что стран с дешевой молодой рабочей силой еще очень много.

В настоящее время наряду с роботами первого поколения (самых многочисленных) создано много разнообразных роботов второго поколения. Ведется активная работа по созданию роботов третьего поколения: с большим интеллектом, адаптацией и ориентацией. Идет поиск по применению новых возможностей роботов в различных направлениях (в том числе замена ими курьеров и почтальонов), наконец, некоторым из устройств придали человеческий облик, в том числе и промышленному роботу (первый сделан в 2006 г. в Японии, а в 2011 г. первый робот-гуманоид отправлен на Международную космическую станцию). Однако понятно, что человеческий образ роботов-гуманоидов в первую очередь предназначен не для промышленности, а для оказания услуг людям.

Хотя профессор А. Ющенко высказывает другую идею. По его мнению, антропоморфность в своем наиболее простом представлении заключается в том, что машина должна быть внешне похожей на человека. Почему? Скажем, двумя руками проще манипулировать объектом. При этом одна рука будет держать предмет, а вторая – выполнять операции, связанные с ним.

Поэтому появились двурукие промышленные роботы. Одни занимаются тем, что поднимают и переставляют ящики, другие дезактивируют гранаты, одной рукой держа их, а другой – откручивая взрыватель. Робот может быть оборудован и тремя руками, но особой необходимости в этом нет. И еще одна причина антропоморфности: если мы хотим, чтобы машина нас заменила, она должна быть похожа на человека, так как все оборудование рассчитано на то, что им будет управлять человек, хотя мы часто об этом не задумываемся (Ющенко, Карпов 2015). Однако, как мы увидим далее, робот да Винчи (*da Vinci*) не двурукий, а четырехрукий автомат.

Нельзя не сказать о военных роботах или роботоподобных аппаратах, тем более что наибольшая часть роботов сегодня производится для нужд обороны – около 45 %. Это, впрочем, неудивительно. С самого своего возникновения атомная и космическая отрасли, авиастроение, где стали применяться такого рода механизмы, были в первую очередь связаны с военными задачами. Причем все это началось еще до кибернетической революции. Сначала использовались обычные технические инновации для изготовления военных автоматов (вроде магнитных торпед или торпед, реагирующих на шум, о которых рассказывалось в *Главе 7*). Потом появились приборы с управляющими подсистемами. В самом деле, современные военные ракеты, способные обходить препятствия и точно находить цель, или беспилотные самолеты, или даже самоуправляемые автомобили представляют собой весьма совершенные системы, найти их четкие отличия от роботов не так просто. Но в настоящее время летающие роботы (они же

беспилотные летательные аппараты, или дроны) стали активно использоваться и в мирных целях (частный путь технологий) для проверки линий электропередач или доставки средств первой помощи (их также пытаются использовать в качестве курьеров), в сельском хозяйстве, для съемок и многого другого, когда необходимо недорогое и длительное воздушное сопровождение или наблюдение. Пока подобного рода дроны требуют наличия оператора, который находится на земле и управляет беспилотником.

Следующим шагом в технологии дронов, как считают эксперты, будет разработка машин, которые летают сами по себе, что откроет целый ряд возможностей для их применения в новых областях. Чтобы это произошло, дроны должны быть способны чувствовать, реагировать на местное окружение, изменять высоту и траекторию полета, избегая столкновения с другими объектами на своем пути (см.: Хель 2015). Уже сейчас небольшие дроны и роботы помогают существенно экономить финансы разным фирмам, не говоря уже о ситуациях, когда они берегут здоровье и саму жизнь людей (как роботы-спасатели во время пожаров, при стихийных бедствиях, под водой и т. д.).

В настоящее время разработаны военные роботы: разведчики (в том числе подводные), санитары, минеры и ряд других. Правда, большинство боевых роботов являются устройствами телеприсутствия, лишь очень немногие модели имеют возможность выполнять некоторые задачи автономно, без вмешательства оператора. То есть эти (как и другие) самоуправляемые системы все-таки пока еще ближе к управляемым, однако они развиваются в сторону самоуправляемости. При этом очевидно, что даже технически телеуправление не везде помогает. Например, при управлении роботом с Земли в космосе или тем более на Луне происходит задержка в получении сигнала за счет большого расстояния (до нескольких минут), что неприемлемо. Поэтому нужны роботы, управляющиеся непосредственно человеком, а заложенной в них программой и обладающие определенной автономностью (см.: Ющенко, Карпов 2015).

11.4. РОБОТЫ В СФЕРЕ МЕДИЦИНЫ И УХОДА ЗА БОЛЬНЫМИ И НЕМОЩНЫМИ

Мы уже говорили об успехах использования роботов в медицине. По нашему мнению, это направление однозначно будет способствовать началу кибернетической революции. В настоящее время наиболее распространены хирургические роботы. Роботизированная хирургия начала развиваться в 1980-х гг. Одним из первых автоматических аппаратов в хирургии был именно *da Vinci*. Рабочий прототип был разработан в конце 1980-х гг. в рамках контракта с армией США. На 2015 г. построено более 3000 таких аппаратов. С 2000 г. 1370 клиник в США приобрели роботов, средняя цена которых примерно 2 млн долларов (Beck 2013).

В робототехнике это стремительно развивающийся сектор. В 2000 г. во всем мире роботами была проведена только 1000 хирургических операций. В 2011 г. их было сделано уже 360 000, в 2012 г. – 450 000 (Pinkerton 2013; см. Рис. 11.2). По данным исследований Колумбийского университета, с 2007 по 2010 г. в клиниках США роботами была проведена от 10 до 30 % хирургических операций определенного вида (Beck 2013). При этом среди роботов-хирургов образуется

специализация, например роботы-ассистенты (assistance functions robots), роботы для точных работ (robots for precise positioning), роботы для специальных хирургических задач (robots for specific surgery tasks) и др. (Taylor 1997).

Наиболее распространен хирургический робот da Vinci. Это большая установка весом в полтонны. Она состоит из двух блоков: один предназначен для оператора, а второй – четырехрукий автомат – выполняет роль хирурга. Робот имеет гибкие «руки»-манипуляторы со множеством хирургических инструментов. Врач садится за пульт, который дает возможность видеть оперируемый участок в 3D-изображении с многократным увеличением, и использует специальные джойстики, чтобы управлять инструментами.

Пациенту делается небольшой разрез, поэтому операции не столь болезненны и требуют меньшего периода восстановления. Роботы позволяют использовать новейшие телевидеосистемы, которые помогают врачам наглядно видеть ход операции в большом увеличении и цвете. Врач смотрит в монитор и управляет роботом, находясь в другой части операционной комнаты (а может находиться и в другом городе или даже в другой стране), ассистент следит за роботом и пациентом. Пациентам также ставят 3D-экраны HD-качества, на которых можно во всех деталях увидеть ход операции.

Однако нельзя не отметить, что применение роботов – затратное дело. Цена da Vinci начинается с 1 млн долларов, и, как мы видели выше, средняя их стоимость доходит до 2 млн. При этом, как при любой инновации, большинство исследований в области роботов не приносит эффекта. По красочному описанию журналиста *The Wall Street Journal*, писателя Ли Гуткайнды, проникшего в ведущий институт по изобретению роботов, вместо триумфа в лабораториях он наблюдал лишь унылые лица сотрудников, проклинающих очередной неудачный эксперимент. Стоимость операций с участием роботов выше обычных операций, и в США она колеблется в среднем от 30 000 до 50 000 долларов.

Но ввиду значительной экономии на восстановительном этапе можно прогнозировать, что клиники будут предпочитать закупки роботов для долгосрочной экономии и привлечения клиентов (Pinkerton 2013). Очень значительные средства можно сэкономить на квалифицированном труде хирургов. В США, например, их зарплата в среднем составляет около 240 000 долларов в год (Sifferlin 2012). Российские клиники также начали приобретать таких роботов. Они используются и в военной медицине. Многие клиники перестанут нуждаться в ведущих хирургах и смогут пользоваться услугами онлайн-операций руками ведущих специалистов. Уже сейчас развиваются центры передового опыта (Centres of Excellence) – места, откуда ведущие врачи будут проводить операции и консультировать коллег онлайн (Binder *et al.* 2004).

В хороших руках?

Количество хирургических операций в год, проведенных роботами во всем мире

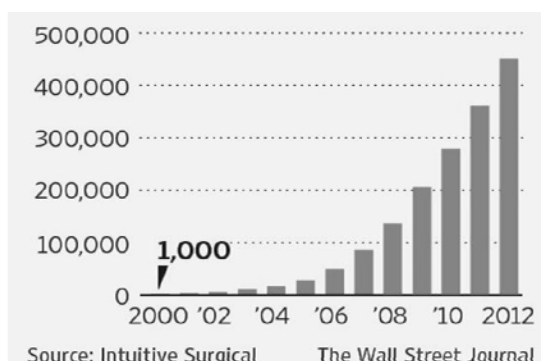


Рис. 11.2. Количество хирургических операций в год, проведенных роботами во всем мире (по годам)

Операции с участием роботов имеют, как мы видели, много преимуществ. Однако наряду с преимуществами роботы, в том числе хирургические, вызывают новые проблемы и опасения. Ведь операции с участием данных устройств обладают достаточной долей риска. Так, врачи из Медицинского центра Университета Раша Иллинойского университета (Rush University Medical Center) и Массачусетского технологического института предоставили данные, по которым наблюдается резкое увеличение случаев травм и летального исхода после операций, проведенных роботами: с 13,3 случаев на 100 000 операций в 2004 г. до 50 случаев в 2012 г. FDA зарегистрировало рост смертельных исходов операций с участием роботов в 2013 г. на 34 % по отношению к предыдущему году (Pinkerton 2013). Таким образом, медицина и робототехника только в начале пути, однако данное направление выглядит очень перспективным.

В последнее время ведутся активные работы по использованию роботов для ухода за больными и престарелыми. В Японии роботы уже пробуют себя в роли медсестер. Они помогают пациентам вставать с постели, оказывают помощь жертвам инсульта в восстановлении контроля над их конечностями (Хель 2015). Продукция *GeckoSystems* включает робота-сиделку и робота-медика, который дополняет службу медсестер, может менять постельное белье, давать пациентам лекарство и наблюдать за их состоянием. По нашему мнению, это одно из самых перспективных в будущем направлений использования роботов. Такой рынок потенциально оценивают в сотни миллиардов долларов.

11.5. ПРОГНОЗЫ РАЗВИТИЯ РОБОТОТЕХНИКИ

Итак, мы полагаем, что в ближайшие два десятилетия робототехника будет развиваться более быстрыми темпами, но не в промышленности, а в других направлениях. Во-первых, в сфере услуг. Почему? Именно в ней сегодня задействована основная масса работающих в развитых странах (см. Приложение 2; см. также: Гринин 2012б). Например, в настоящее время в США она достигла почти 80 % (World Bank 2014). На аналогичном уровне находится доля занятых в секторе

услуг в других развитых странах, и она стремительно растет во всех государствах, включая Китай, Индию и страны третьего мира в целом, где существует наименее интеллектуальный и квалифицированный труд. Именно в этот сектор устремляется большинство иммигрантов в Европу, притом что напряжение в отношении к мигрантам растет. Таким образом, экономически здесь представлен наиболее перспективный сектор трудоустройства, тогда как в промышленности этот резервуар уже в значительной мере исчерпан (кроме того, промышленность будет расти в развивающихся странах, где много дешевой рабочей силы). Мы уже упоминали о роботах-поварах, используются они также и в качестве официантов.

Во-вторых, будут активно роботизироваться и более сложные сферы труда и обслуживания, например водители, консультанты, особенно медицинские работники, по причине высокой стоимости труда. Выше мы уже об этом говорили, добавим только, что, возможно, наибольшее развитие получат роботы уровня младшего и среднего медицинского персонала (нянечки, лаборанты, медсестры, ассистенты во время операций).

В-третьих, робототехника станет развиваться в направлении роботизированных бытовых приборов (таких как пылесосы, о которых уже шла речь выше). Здесь очевиден огромный рынок, тем более что появятся возможности подключать роботов к домашнему компьютеру или управляющему центру. Возможный (хотя и завышенный) рост использования роботов в этой сфере виден на Рис. 11.3. Эта диаграмма, по крайней мере, отражает современные ожидания.

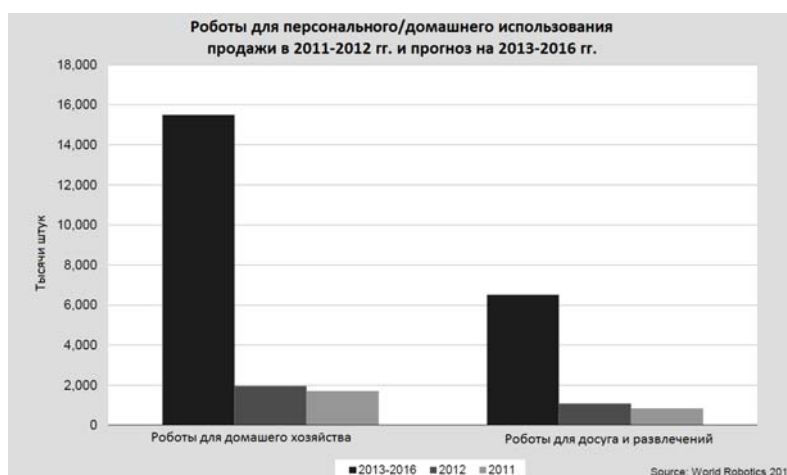


Рис. 11.3. Оценки и прогноз продаж бытовых роботов (Цирель 2014: 366)

Прогнозы развития робототехники в завершающей фазе кибернетической революции. Возможности использования роботов, несомненно, очень велики. В частности, только такого рода устройства смогли бы решить проблему обслуживания все более многочисленного пожилого поколения и в некоторой степени – проблему недостатка рабочей силы. В целом нет никакого сомнения, что роботы сыграют значительную роль в переходе к самоуправляемым системам. Уже сегодня это видно в экспериментальных разработках (хотя от них очень далеко до производства). Например, ученые из Университета Осло в Норвегии с помощью 3D-печати создали самообучающихся роботов, которые имеют

3D-принтеры и способны чинить свои или чужие поломки, печатая нужную деталь (Есакова 2014). Это хороший пример интегрированных самоуправляемых систем. Другой интересный пример: проект Roboearth – Интернет для роботов. В удаленную базу данных роботы записывают все совершенные действия и обращаются к ней, если не находят нужного действия в своей установленной программе. Это не просто самоуправляемая система, но уже в какой-то степени зачаток коллективного разума роботов (Waibel *et al.* 2011). Перед робототехникой в будущем уже ставится задача – обеспечение управления коллективами роботов. Коллектив машин способен выполнять качественно иные задачи, нежели один робот (Ющенко, Карпов 2015).

Также неудивительно, что у публики имеется очень значительный естественный интерес к роботам, всякого рода демонстрации инноваций в этой сфере всегда привлекают внимание и выигрышны. Но здесь важно отметить, что хотя идеи об «умных» роботах очень для нас важны, так как они являются хорошим примером представления о наиболее важной характеристике кибернетической революции и ее технологий – переходе к самоуправляемым системам, приходится признать, что прогнозы о скором пришествии таких «умных» устройств пока не соответствуют реальным возможностям (так же как не сбылись и предсказания более ранних исследователей)⁴.

Существуют самые разные предположения о роли робототехники в ближайшем будущем. Билл Гейтс в 2007 г. считал, что робототехника находилась примерно в таком же состоянии, в каком находились ЭВМ в 1970-х гг., когда они с Полом Алленом основали компанию *Microsoft*, предполагая, по-видимому, что в 2030-е гг. робототехника станет столь же важной, как сегодня ИКТ. Однако мы считаем, что это предсказание не сбудется к указанному сроку. Определенное количество фирм делает те или иные разработки, но в целом, к сожалению, пока не заметно слишком большого интереса бизнеса к этому направлению, сравнимого, скажем, с био- или нанотехнологиями, хотя робототехника имеет уже достаточно давнюю историю. В настоящее время объем мирового производства роботов относительно невелик, всего несколько миллиардов долларов. И даже по оптимистическим прогнозам Японской ассоциации по вопросам робототехники, к 2025 г. оборот робототехнической отрасли составит всего 50 млрд долларов (Гейтс 2007), то есть объем, совершенно недостаточный для переворота в экономике.

Поэтому нет никаких сомнений, что данное направление рано или поздно ждет большое будущее. Но его взлет, скорее всего, сможет произойти уже в ходе кибернетической революции на базе создания технологий будущего.

⁴ Например, в своей книге «Дети разума» Г. Моравек (Moravec 1988), рассуждая о влиянии закона Мура на развитие цивилизации, предсказывал будущее робототехники. Он утверждал, что в 2010 г. появятся модели роботов, чьи интеллектуальные способности будут идентичны мозгу ящерицы. Устройства будут использоваться для уборки помещений без вмешательства людей, а также для некоторых других целей. Моравек утверждает, что еще через 20 лет будут созданы модели с умственными способностями обезьяны. Такие роботы смогут без указаний человека определять простейшие технические и бытовые проблемы и задачи и решать их самостоятельно. Можно считать, что роботы (например, пылесосы), способные убирать помещения, уже появились. Но относительно их интеллекта, сравнимого с интеллектом ящерицы, говорить не приходится. Также, возможно, к 2030-м гг. будут созданы роботы, способные к самостоятельным действиям (появляются всякого рода сообщения об этом). Но вряд ли они будут сравнимы по интеллекту с обезьянами. Развитие «умных» технологий идет иным курсом, чем биологическая эволюция.

Мы предполагаем, что уже в 2020-е гг. будут достигнуты определенные, но не революционные достижения в этой области, в 2030–2040-е гг. мы увидим намного более значимый подъем робототехники, но бурный всплеск развития роботов произойдет несколько позже, в 2050–2060-е гг. К этому времени можно ожидать и создание реально «умных» роботов.

В каком именно направлении станет быстро развиваться робототехника? Мы полагаем, что ее развитие будет связано с социальным уходом за больными и немощными и с медицинским обслуживанием, поскольку – повторим – это одно из главных направлений, которое способно хотя бы частично решить проблему ухода за пожилыми людьми. Также, как уже сказано, развитие робототехники будет связано со сферой услуг (появятся роботы – курьеры, продавцы, кассиры, консультанты, приемщики и т. п.), быта (осуществляющие уборку, приготовление еды, другие хозяйственные дела, присмотр за домом и т. п.) или бизнеса⁵. Произойдет роботизация программирования, о чем мы уже говорили, и будут также активно развиваться модели роботов для работ, которые опасны для человека (военные, спасательные, космические и т. д.). Но вовсе необязательно, что все они будут атропоморфными, их форма, скорее всего, будет связана с особенностями функционала. Однако, конечно, будут развиваться направления по созданию роботов-универсалов.

11.6. УНИВЕРСАЛИЗАЦИЯ И 3D-ПРИНТЕРЫ

Универсализация как характеристика кибернетической революции. Одна из очень важных и в чем-то даже удивительных характеристик и трендов кибернетической революции, о которой мы недостаточно говорили, – это универсализация. Она заключается в том, что вектор технологических изменений идет таким образом, чтобы собрать в отдельных технологиях максимум возможных операций, сделать их предельно широкими, постоянно объединяя для этого в единый комплекс различные существующие и работающие автономно машины и механизмы. Технологии и приборы (девайсы) становятся все более функциональными, так или иначе вбирая в себя в качестве подсистем прежде самостоятельные технологии. При этом такое объединение бывает довольно неожиданным. Это совмещается с тенденцией к миниатюризации и индивидуализации. Примерами подобного служат компьютер, в котором теперь объединены вместе с дополнительными частями как минимум до двадцати функций (от бывшей печатной машинки до телекамеры, от карандаша до секретаря, от магнитофона до телевизора), и сотовый телефон. Даже плеер стал многофункциональным (хотя, скорее всего, и он исчезнет).

Б. Стерлинг (2005) в книге «Будущее уже началось» называл такие универсальные вещи «штуковинами», предполагая, что они будут иметь все больше

⁵ Имеются и экзотические предположения. Так, некоторые исследователи считают, что одно из наиболее перспективных направлений в развитии роботов – интимные услуги (об этом уже шла речь во *Введении*). В этой сфере, между прочим, роботы уже показывают значительные результаты и перспективы (Yeoman, Mars 2012). Есть уже и апологеты этого направления. В своей книге «Любовь и секс с роботами» (Love and Sex with Robots) Дэвид Леви (David Levy) предполагает, например, что уже к 2050 г. отношения между человеком и роботом будут повсеместным и общепринятым явлением. Однако вполне вероятно (и это было бы разумно), что такого рода производство могут и запретить. Во всяком случае, напомним, феминистки уже начали такую кампанию (см.: Занятие... 2015).

функций. Но даже менее функциональное современное МФУ, включающее в себя сканер, копир и факс, также свидетельствует о движении к универсализации. Приходит на память объединение в сплит-системе функций обогрева и охлаждения. А автомобиль? Сколько всего он теперь включает! Это дом, транспорт, мини-станция и концертный зал одновременно. На базе этой универсализации также развились компетенции «сам себе», о которых мы уже неоднократно говорили и которые ведут к исчезновению ряда профессий. Однако универсализация наблюдается отнюдь не только в электронных устройствах. Мы можем увидеть это в развитии робототехники, где одно из главных направлений – наделение роботов все большим количеством функций и развитие мини-лабораторий, которые становятся все более многофункциональными.

Промышленный принцип производства XVIII–XIX вв. в целом вел к специализации, хотя, конечно, и в этот период были изобретены универсальные вещи (например, электромоторы). Надо отметить, что универсализация не проявилась заметно в начальной фазе кибернетической революции. Напротив, специализация, казалось бы, увеличивалась. Однако в модернизационной фазе кибернетической революции тенденция обнаружила себя и с каждым годом все нарастает.

Мы полагаем, что, во-первых, эта тенденция еще не проявила себя в зрелом виде, но она проявится в завершающей фазе кибернетической революции. Во-вторых, она фактически ведет к возникновению сложных самоуправляемых систем, которые, будучи многофункциональными, включают в себя целый ряд подсистем и технологий, их главным элементом будет именно система управления, способная к саморегуляции и самоуправлению. В-третьих, соответственно, эта тенденция проявит себя в разных направлениях. Например, описываемый нами мониторинг состояния здоровья будет включать массу функций. Скорее всего, появятся многофункциональные роботы. В-четвертых, эта тенденция будет способствовать возникновению тесно взаимосвязанного комплекса технологий.

Один из новейших трендов универсализации – 3D-принтеры, которые, возможно, начнут соперничать по масштабам применения с компьютером⁶. О них мы уже неоднократно упоминали в предыдущих главах. Возможности применения таких принтеров исключительно велики: от строительства до кулинарии, от домашней мастерской до музеев, от медицины до детских игрушек, от моделей для обучения до дизайна. Эти машины активно используют в таких отраслях, как самолето- и ракетостроение для изготовления отдельных деталей, например подставки для двигателя самолета (см., например: Туричин 2015). И именно потому, что их используют в подобных направлениях, для их развития находятся солидные инвестиции.

Весьма необычное применение 3D-принтерам нашли модельеры. Вместо использования классического текстиля печатается одежда. Для этого необходимо отсканировать человеческое тело и разработать соответствующую 3D-модель. Это касается не только верхней одежды, но и нижнего белья, а также обуви. Некоторые модельеры уже провели полноценные премьерные показы, продемонстрировав общественности не один десяток, если так можно выразиться, нарядов. Конечно, кто-то, увидев все это воочию, только покрутит указатель-

⁶ При подготовке этого и следующего параграфа были использованы материалы: Что такое... 2014; История... 2015; Плотников 2014.

ным пальцем возле виска. Однако подобные инициативы модельеров могут привести в будущем к созданию 3D-мастерских, в которых после сканирования твоего тела сделают костюмчик, который, как говорится, будет сидеть идеально. Ведь использование синтетических материалов уже давно не является диковинкой (Плотников 2014).

Итак, эти принтеры, по сути, являются универсальной домашней мастерской либо универсальным производством, стройкой, заводом. И в будущем они станут приобретать все новые функции и подсистемы.

Данные устройства могут быть самых разных размеров, использовать самые разные материалы (от тугоплавких металлов до бумаги, пока не поддается только алюминий), печатать самые разные вещи. Трехмерный, или 3D-, принтер в отличие от обычного, который выводит двухмерные рисунки, фотографии и т. д. на бумагу, дает возможность выводить объемную информацию, то есть создавать трехмерные физические объекты. К 3D-печати относят и порошковое спекание полимерных элементов, а также металлических пудр (здесь просматривается связь принтеров с нанотехнологиями).

Печать на 3D-принтере – это построение реального объекта по созданному на компьютере образцу 3D-модели. Затем цифровая трехмерная модель сохраняется в формате STL-файла, и после этого 3D-принтер, на который выводится файл для печати, формирует реальное изделие.

Процесс печати – это ряд повторяющихся циклов, связанных с созданием трехмерных моделей, нанесением на рабочий стол (элеватор) принтера слоя расходных материалов, перемещением рабочего стола вниз на уровень готового слоя и удалением с поверхности стола отходов. Циклы непрерывно следуют один за другим: на первый слой материала наносится следующий, элеватор снова опускается, и так до тех пор, пока на рабочем столе не окажется готовое изделие.

В промышленном производстве (металлургии и машиностроении) деталь получали и получают чаще всего путем вычитания, то есть удаления, материала (хотя известно литье и другие методы), вытачивая и высверливая ее, удаляя лишнее. Основой 3D-печати (как и будущих ассемблеров, а также и бионанотехнологий) служит аддитивность, то есть соединение (присоединение) материалов и создание определенной конструкции (недаром такие технологии называют аддитивными). С повсеместным применением 3D-принтеров от этой длинной технологической цепочки в части производств можно будет отказаться. Достаточно иметь чертеж и сделать («напечатать», «нарастить») деталь у себя дома или в каком-нибудь центре 3D-печати. Можно наладить и небольшое штучное производство. Инженеры также смогли разработать несложные пищевые 3D-принтеры, которые могут печатать, например, конфеты или пиццу.

История 3D-наращивания. Хотя очень часто говорят о 3D-печати (по аналогии с печатными принтерами, которые используют бумагу), термин, которым пользуются специалисты, – «выращивание» или «наращивание» (см., например: Туричин 2015). Он представляется нам более емким, так как точнее отражает собственно процесс создания продукции. Слои за слоем наращивается материал, пока деталь или другое произведение не будет «выращено». Отдаленную аналогию можно увидеть в работе гончарного круга.

Некоторые обозреватели считают, что толчок для появления 3D-принтеров дал обозначившийся в конце прошлого века тренд на сокращение крупносерийного и расширение мелкосерийного производства, а также общий тренд на индивидуализацию производства. В результате обозначилась проблема: разработка форм, лекал и прототипов для все новых и новых моделей обходится весьма дорого. Именно в этом направлении шло развитие станков с ЧПУ, которые позволяли быстро переналаживать производство деталей. В этом же ряду были и многие модели роботов. Тот же тренд можно наблюдать и в случае с обычной множительной и печатной техникой, которая сегодня позволяет изготовить один экземпляр книги по требованию (*print in demand*). Но 3D-принтеры, кажется, наиболее перспективны. Технология берет свое начало еще в 80-х гг. прошлого века. Это так называемая стереолитография SLA (*Stereo Lithography*), разработанная и запатентованная Ч. Халлом в 1984–1986 гг. В 1986 г. был собран и первый 3D-принтер. Это еще не был 3D-принтер в современном понимании, но в нем наметился основной принцип работы: объекты наращиваются послойно.

В 1990 г. был использован новый способ получения объемных «печатных оттисков» – метод наплавления. После этого стали активно использоваться понятия «лазерный 3D-принтер» и «струйный 3D-принтер». Именно технология наплавления является самой распространенной, потому что имеет относительно небольшую стоимость как материалов, так и амортизации оборудования. На сегодняшний день именно такого рода FDM-принтеры наиболее часто применяются в домашних условиях.

Новый этап развития 3D-печати стартовал в 1993 г. с созданием компании *Solidscape*. Она производила струйные принтеры, которые предшествовали трехмерным. В 1995 г. двумя студентами Массачусетского технологического института был модифицирован струйный принтер. Он создавал изображения не на бумаге, а в специальной емкости, и они были объемными. Тогда же появились понятие «3D-печать» и первый 3D-принтер.

История создания 3D-принтера продолжилась появлением технологии под названием *PolyJet*, основанной на использовании фотополимерного жидкого пластика. При таком способе печати головка «рисует» слой фотополимера, который моментально засвечивается лампой. Метод оказался выигрышным по многим параметрам: цена его значительно ниже, а высокая точность дает возможность изготовления не просто моделей, но готовых к применению деталей. С течением времени развитие индустрии 3D-печати ускорялось, появлялись новые фирмы – производители 3D-принтеров, вносящие свой вклад в ее разработку, использовались новые материалы и принципы. Принято считать, что эпоха «домашней» 3D-печати началась в 2010 г., когда была выпущена модификация 3D-принтера *Prusa Mendel*, разработанная чешским инженером Иосифом Прусой.

Стал проявляться и принцип уменьшения (миниатюризации), соответственно размеры и цены устройств становились все меньше. Если первые 3D-принтеры были огромными, то сейчас домашние принтеры умещаются на столе (мы не говорим, конечно, о промышленных 3D-принтерах, являющихся машинами большого размера). Современный трехмерный принтер все больше становится похож на обычный, печатающий на бумаге, по внешнему виду и технологии нанесения «красящего» вещества. Печатаемые им модели отличаются еще и высокой прочностью, поэтому могут применяться в качестве готовых изделий.

В начале развития цена такого принтера была доступна разве что очень крупным компаниям, теперь же многие могут приобрести это устройство.

Очень любопытно, что в этой технологии (как и в робототехнике) наблюдается еще один принцип кибернетической революции, который, возможно, станет весьма важным в будущем, но пока проявляется слабо (разве что в некоторых программистских наработках) и, возможно, в некоторых биотехнологиях. Мы имеем в виду принцип самовоспроизводства подобного.

В 2005 г. было создано сообщество энтузиастов *RepRap*. В основе проекта лежат две идеи: любой принтер *RepRap* может напечатать другой принтер *RepRap*; все разработки устройств 3D-печати находятся в открытом доступе.

За восемь лет было разработано четыре поколения 3D-принтеров *RepRap*. Однако даже сейчас задача воспроизводить одно *RepRap*-устройство другим не выполнена. Одно дело – печатать пластиковые детали; другое – создавать микроэлектронику и металлические элементы конструкции экструдера (Плотников 2014).

В заключение напомним об использовании этой технологии в медицине. В 2010 г. ученым удалось напечатать искусственный 3D-кровеносный сосуд, создаются и различные другие «детали» тела, такие как трахея, о которой мы рассказывали в *Главе 8*. Сейчас же идет разработка по созданию полноценных человеческих органов. В качестве «материала» используются стволовые клетки (об этом шла речь в той же главе). В целом мы полагаем, что именно в области медицины развитие указанной технологии станет особенно востребованным.

11.7. Когнитивная наука и когнитивные технологии

Исследование природы мыслительных и нервных процессов, управления с их помощью двигательными и многими иными процессами в организме является предметом когнитивных наук (фактически это большой комплекс разнородных областей, связанных с мыслительными процессами, сознанием, познанием, памятью и т. п.; под ним мы имеем в виду такие направления, как когнитивная нейрофизиология, когнитивная нейронаука и др.). В предшествующие десятилетия было сделано немало открытий, которые объяснили некоторые механизмы и реакции нашего мозга и психики, в том числе работу так называемых нейромедиаторов. Было создано значительное количество нейростимулирующих препаратов нового поколения, ныне активно используемых в медицине. В целом возникло новое направление фармакологии – нейрофармакология.

Ключевым техническим достижением стали новые методы сканирования мозга (такие как томография и др.), которые впервые позволили заглянуть внутрь мозга и получить прямые, а не косвенные данные о его работе. В настоящее время ряд институтов ведут исследования и стремятся создать базу данных нейронных клеток и их типов (по последним данным, у человека насчитали почти 90 млрд нейронов). Это позволит продвинуться по пути расшифровки механизма работы визуальной системы путем разработки функциональной классификации всех различных типов нейронов в головном мозге.

Одним из самых прорывных направлений когнитивной науки и в целом кибернетической революции могут стать нейроинтерфейсы. Нейроинтерфейсы, или интерфейсы «мозг – компьютер», – это технологии, создающие взаимодействие между нервной системой человека и внешними устройствами. Принципи-

альным достижением когнитивных наук является возможность управления искусственными органами с помощью сигналов мозга, как это делают здоровые люди. Впервые считывание сигналов мозга электродами, подсоединенными к коже головы, провел немецкий ученый Ханс Бергер в 1924 г. (Wolpaw, Wolpaw 2012). Позже электроды стали внедрять непосредственно в мозг человека⁷.

После того как установили, что электрическая активность нейронов может управлять роботизированными манипуляторами, изучение нейроинтерфейсов начало стремительно расти (Lebedev, Nicolelis 2006). В настоящее время уже удалось добиться трансляции сигналов нейронов устройствам, чтобы управлять искусственными конечностями практически с натуральной точностью. О некоторых из них мы уже говорили ранее. С помощью нейроинтерфейсов уже налаживают функционирование искусственного глаза, уха, сердца.

Нейроинтерфейсы в будущем могут применяться не только в медицине, но и в повседневных занятиях, например отслеживать состояние мозга водителя и в случае засыпания автоматически будить его.

Безусловно, нейроинтерфейсы – шаг к давней мечте – чтение чужих мыслей. И хотя отдельные успехи уже достигнуты, сами разработчики признают, что до практического результата еще очень далеко (Yam 2011) Вообще с развитием когнитивных технологий возникает все больше необычных идей их использования. Например, создание коллективного разума – сбор данных с электродов группы особей и объединение их в единую систему данных. Такие эксперименты уже проводились на мышах, когда сигналы от мозга каждой мыши собирались и передавались другой мыши. Ожидалось, что это поможет животным делиться собственным опытом и учиться на чужом (Sample 2013; см. о таких экспериментах также в *Приложении 3*).

Легко представить, как подобные технологии могут быть использованы для получения личной информации человека. Неудивительно, что американская пресса уже пестрит заголовками о том, что Министерство обороны США разрабатывает чип, который можно встроить в мозг и таким образом управлять человеческим мышлением и читать его мысли (Martin 2016; Piore 2016).

Стоит признать, что к когнитивным технологиям действительно проявляют интерес многие государства и крупные компании. Так, совсем недавно стало известно, что к разработкам в области нейроинтерфейсов присоединилось NASA (Dietrich 2016).

Из крупных компаний одними из первых нейроинтерфейсами заинтересовались участники «Формулы-1». *McLaren Formula* анонсировала разработку когнитивного интерфейса «мозг – компьютер» MP4-X. Устройство будет соединяться с мозгом пилота. Это позволит инженерам не только следить за параметрами машины, но и анализировать уровень энергетической активности, внимания и другие параметры водителя. По тому, как пилот ведет автомобиль и переключает скорость, они смогут улавливать первые признаки изношенности шин. А водитель, по мнению создателей проекта, сможет даже мысленно общаться с инженерами (Tegler 2016).

⁷ Электроды стали использовать уже в 1950–1960-х гг. первоначально при попытках лечения болезни Паркинсона. Некоторый успех в этом привел к более широкому применению глубинных электродов в мозге, в частности при невыносимых болях, депрессиях, страхах и т. д. Однако это далеко не безобидно, иногда поведение больного после введения электрода существенно меняется. В 2010 г. в мире насчитывалось примерно 35 тыс. человек с имплантированным в мозг электродом (см.: Свааб 2014: 292–294).

В целом достижения когнитивистики уже используют и в еще большей степени будут использовать в различных областях, которые движутся по пути самоуправляемых систем, – от медицины до робототехники, от кибернетики до проблем искусственного интеллекта.

Однако на пути развития этого направления стоят серьезные технические и социальные трудности. Из технических это, во-первых, иммунное отторжение, о котором уже говорилось ранее. Во-вторых, многие наноструктуры, которым пророчат большое будущее в развитии нейроинтерфейсов, например нанотрубки, оказались весьма токсичны для организма (Kotov *et al.* 2009). В-третьих, вживление внешних устройств приводит к травмированию организма, даже несмотря на серьезные попытки снизить это воздействие (Grill *et al.* 2009). Еще одна проблема – разница в электропроводимости между биологической тканью и техническим устройством, хотя и в решении данной проблемы есть определенные сдвиги (Abidian, Martin 2009). Но даже если эти проблемы и решить, потребуется мощное программное обеспечение, которое сможет мгновенно обрабатывать сигналы мозга. При этом очень важно найти пути обеспечения обратной связи между механизмом и мозгом, другими словами, чтобы мозг не только отдавал сигнал, но и получал сигнал от устройства. Преодолев эти рубежи, развитие нейроинтерфейсов стремительно выйдет на новые вершины. Но чтобы избежать повторения ошибок с компьютерными играми (только по последствиям несоизмеримо бóльших), необходимо заблаговременно поставить преграды на пути несанкционированного использования данных и влияния на психику.

11.8. КИБЕРНЕТИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ И ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ О РАЗВИТИИ ДРУГИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Все описанные выше тенденции демонстрировали справедливость идеи о том, что завершающая фаза кибернетической революции будет эпохой бурного развития самоуправляемых систем. Однако изменения, которые произойдут в результате кибернетической революции или в связи с ней, будут существенно шире и многообразнее (о некоторых из них мы еще скажем в *Заключении*). Ведь кибернетическая революция (как и другие производственные революции) несет с собой перемены (хотя и далеко не одновременные) во всех сферах производства и областях жизни. Поэтому на основе теории производственных революций можно попытаться предположить, какие изменения и в какие сроки произойдут в других сферах производства и экономики.

Энергетика. В ходе предшествующих производственных революций обязательно менялся и источник энергии. В результате аграрной революции стали использовать биологическую энергию – силу животных, в результате промышленной – энергию пара.

Для начала кибернетической революции уже имелся адекватный источник энергии, им можно считать электричество. Идея о том, что новым ведущим источником энергии станет термоядерная, водородная или иной новый вид энергии, пока не реализовалась, хотя время от времени появляются сообщения о продвижении в этом направлении (см., например: Физики... 2016; В Германии... 2016; о водороде см. ниже). Возникает вопрос: должен ли появиться адекватный источник энергии для того, чтобы началась завершающая фаза кибернетической

революции? Опыт предшествующих революций говорит о том, что это вовсе не обязательно. Переход к ирригационному интенсивному земледелию не требовал обязательного использования тягловой силы животных (вполне хватало мускульной силы людей), также и первые сектора машинной промышленности вполне обходились давно известным водным источником энергии. Однако позже, в конце завершающей фазы производственной революции и во время перехода к зрелым этапам нового принципа производства, уже возникали новые источники энергии (так, завершение аграрной революции в неполивных зонах было связано в пашенном земледелии с использованием быков и волов, а завершение индустриальной революции – с использованием паровой энергии). Отметим, что в обоих случаях это не была абсолютно неизвестная людям энергия. Например, энергия пара эпизодически использовалась с XVII в. (Манту 1937[1906]; Аллен 2013; 2014).

Следовательно, для начала завершающей фазы кибернетической революции принципиально нового источника энергии не потребуется. Напомним также, что, по нашему мнению, развитие альтернативной (низкоуглеродной или «зеленой») энергетики не будет играть здесь решающей роли. Она станет важной частью мировой и национальной энергетики, но вряд ли сможет вытеснить углеродную по техническим, экологическим и ценовым параметрам (см. Главу 7) вопреки слишком оптимистичным прогнозам (см., например: Сидорович 2015).

Отметим попутно, что в развитии альтернативной энергетики проявляется такое направление кибернетической революции, о котором мы говорили (но не выделяли его в особую характеристику) – изменение компетенций в сторону их перевода от профессионалов к любителям (некий аналог того перехода, который имел место в XVI–XVIII вв. от цехового ремесла к внецеховому надомному). Так, персональный компьютер дал возможность массам людей овладеть некогда профессиональными навыками наборщиков, дизайнеров и т. п. Аналогично этому альтернативная энергетика развивается в сторону расширения числа производителей. Почти половину электроэнергии ВИЭ производят граждане и фермерские хозяйства, в то время как на долю крупнейших энергетических концернов приходится всего лишь 5 % (Там же: 76). Но такого рода тренд – обычно переходный к новым видам производства. Эта одна из причин, почему мы считаем альтернативную энергетику промежуточным видом, а не направлением, которое станет реально революционным.

Однако новый источник энергии должен появиться либо в процессе завершения революции, либо несколько позже. Также, скорее всего, он не будет абсолютно неизвестным и не используемым ранее. Вероятнее всего, благодаря техническим инновациям удастся «приручить» и сделать достаточно доступной тот или иной вид альтернативной энергии (например, водородной⁸; либо изобрести новые способы аккумуляции и/или передачи электроэнергии, которая также решит и вопрос с источником энергии для экологичного транспорта; возможно, и других). На зрелых этапах принципа производства также происходят изменения в области энергетики, которые создают базу для новой производственной рево-

⁸ Кстати сказать, *Toyota* создала новую модель автомобиля, который работает на водородном топливе (*Toyota Mirai*), спрос на который уже составил 1500 шт., так что компания планирует увеличить выпуск таких автомобилей до 3000 в год в 2017 г. (Очередь... 2015). О перспективах транспорта на водородном топливе и электрической тяге см.: Bree *et al.* 2010.

люции (так, в период зрелости аграрно-ремесленного принципа производства таким изменением стала сила воды, используемая для приведения в движение механизмов, а в период зрелости индустриально-торгового принципа производства – электроэнергия). Но какая энергия появится в конце научно-кибернетического принципа производства, пока сложно представить.

Коммуникации. Производственная революция коренным образом изменяет способы коммуникации (связи). Хотя для аграрной революции это прослеживается слабо (вероятно, большие изменения произошли в развитии языка, но это сложнее заметить), зато это очень хорошо видно в ходе индустриальной революции. Так, уже в самом ее начале была изобретена новая информационная технология, которая создала одно из самых мощных средств связи и коммуникации – печать. Роль новых типов связи и коммуникации (таких как радио, ТВ и компьютер) оказалась еще более важной в начальной фазе кибернетической революции, чем механической печати – в начальной фазе индустриальной. Таким образом, для начала производственной революции может потребоваться появление новых типов связи, однако для начала завершающей фазы производственной революции в этом может не быть необходимости. Так, хотя письмо появилось на заре завершающей фазы аграрной революции, его роль не была решающей. Новые формы коммуникации и связи могут появиться или ближе к концу завершающей фазы производственной революции (как телеграф в процессе индустриальной революции), или позже (как телефон или радио, которое появилось уже в конце индустриального принципа производства).

Исходя из вышеизложенного, мы предполагаем, что в ближайшие десятилетия широкое распространение новых типов коммуникации и связи едва ли возможно. Развитие коммуникаций стало столь мощным, что его хватит надолго, поскольку развитие связи пока еще опережает другие технологии (и у современных коммуникаций еще немало неиспользованных потенциалов). Однако появление нового типа компьютеров (квантовых, фотонных или иных – см. *Главу 7*) не исключено, но скорее всего, в качестве моделей, производство которых может начаться в промышленном масштабе, они появятся не ранее середины XXI в.

Развитие коммуникации через нейроинтерфейсы либо прямым вживлением чипов в мозг людей (чтобы коммуникация шла от источника прямо в сознание или от мозга к мозгу) пока выглядит фантастикой, и если и будет иметь успех, то вряд ли найдет широкое распространение в ближайшие десятилетия (по этическим, медицинским и правовым ограничениям). Тем не менее сбрасывать такие возможности со счета нельзя, поэтому надо заранее продумывать ограничения, ибо эта возможность не может не внушать опасения.

В целом можно сделать предположение, что новые типы массовых коммуникаций могут появиться как достаточно широкое явление не ранее середины XXI в., но скорее даже ближе к его концу.

Транспорт. Не так легко выделить какие-либо четкие закономерности в развитии транспорта в процессе производственных революций. Только в начале единственной (промышленной) революции одним из ее локомотивов стало развитие транспорта (см. ниже). Начало аграрной революции не было с ним связано. Переход на верховой транспорт и освоение речных и морских коммуникаций произошли уже в процессе ее завершения на периферии и в более поздний период. Промышленная революция на ее начальной фазе была связана с наличием

уже опробованных океанических судов, способных плавать при любом (а не только попутном) ветре, которые, правда, получили значительное развитие в ходе революции. С этой инновацией были связаны и Великие географические открытия, без которых промышленная революция «захлебнулась» бы, а океаническая торговля стала одним из двигателей индустриальной революции. Но появление парохода и тем более паровоза произошло уже в первые десятилетия XIX в., то есть в конце завершающей фазы промышленной революции⁹. Появление нового вида транспорта придало ей огромный масштаб. Новые виды транспорта появились гораздо позже (автомобиль, самолет), и их было вполне достаточно для начала кибернетической революции. Она, разумеется, внесла очень существенную модернизацию во все виды транспорта, но пока не создала ничего принципиально нового для прорыва в данном вопросе. Есть значительные подвижки в космическом транспорте и скоростных железных дорогах, но последние не являются слишком важным видом транспорта в сравнении даже с обычными железными дорогами.

Следовательно, в середине или конце завершающей фазы кибернетической революции (примерно 2050–2060-е гг.) можно ожидать достаточно широкого распространения каких-либо новых видов транспорта. В этом направлении уже проглядываются какие-то контуры будущего. Например, есть успехи на пути создания электромобиля с большим запасом хода и скорости. Это направление стало активно развиваться в последние несколько лет, что связано с борьбой с выбросами парниковых газов и высокой стоимостью нефти. В итоге парк электромобилей быстро растет: К концу 2014 г. он насчитывал 740 тысяч машин. В ряде стран легковые электромобили уже начинают занимать весомую долю в продажах автотранспортных средств. Например, в Норвегии в 2013 г. она составила 6,1 %. По прогнозам Международного энергетического агентства (думаем, с оптимистичным уклоном), к 2020 г. электромобили займут двухпроцентную долю мирового легкового автомобильного парка, что в числовом выражении составит 20 миллионов единиц (см.: Когда нефть... 2015).

Количество продаж электромобилей довольно быстро растет, в скором времени оно может составить до полумиллиона в год или более. Но стоит обратить внимание на то, что не менее 40 % таких машин – гибридные, то есть имеющие одновременно и топливный мотор, и электродвигатель (Статистика... 2015). Это напоминает ситуацию с пароходами в XIX в., когда многие суда имели одновременно и паровой двигатель, и паруса. Таким образом, развитие электромобилей становится уже заметной нишей в автомобилестроении. Однако нужно иметь в виду некоторую иллюзию значимости сектора, когда о нем много пишут и общаются, но на самом деле его значимость может быть невелика в общих масштабах отрасли. Кроме того, по мере расширения эксплуатации новых систем на первый план выходят проблемы и недостатки, устранить которые не так просто. И это начинает сдерживать первоначальное быстрое развитие. В любом случае, мы можем сравнить развитие электромобилей с развитием автомобилей на газе, о чем в 1990-е гг. писали очень много, в основном со знаком плюс (см., например: Лаврус 1999), а теперь существенно меньше и с указанием на проблемы и

⁹ Правда, в Англии в XVIII в. была создана целая сеть каналов, что нельзя считать новым видом транспортных коммуникаций, хотя это, бесспорно, сыграло свою роль в развитии промышленного переворота.

часто недостатки (Жидков 2014; Фомченков 2014). Но хотя число автомобилей на газе во много раз превышает количество электромобилей, газовые автомобили не вытеснили (и не вытеснят) бензиновые и дизельные. Скорее всего, и развитие электромобилей ограничится занятием определенной доли автомобильного рынка (по крайней мере, в ближайшие двадцать лет)¹⁰.

Говоря об электромобилях, нельзя не упомянуть, что в последнее время (особенно в Германии) активно развиваются исследования, в области создания автомобильных дорог, на отдельных полосах которых можно было бы установить нечто вроде проводника электричества путем использования особых проводников¹¹. Тогда электрический транспорт мог бы подзаряжаться прямо на дороге (технология так называемой беспроводной зарядки). Безусловно, такого рода дороги могли бы значительно изменить современный транспорт.

Но с учетом описанного выше «смысла» кибернетической революции (как революции самоуправляемых систем) прорыв, скорее всего, произойдет в направлении автономного движения транспорта и его управления. То есть транспортные средства и системы станут самоуправляемыми. Уже сегодня есть некоторые наметки реализации этой возможности. Например, немецкий концерн «Мерседес-Бенц» представил концепцию самоуправляемого автомобиля (della Cava 2015). А *Google* обещает создать такую машину к 2020 г. (Самоуправляемая... 2014), но уже тестирует в Калифорнии автомобиль «Тойота» без водителя (и договаривается о совместных разработках с *Ford*). Подобно тому, как в 1996 г. компьютер победил чемпиона мира в шахматной партии, недавно самоуправляемая машина победила профессионального гонщика в состязании для езды на скоростях выше 200 километров в час. Рекорд был поставлен в Северной Калифорнии – машина сумела победить с крошечным отрывом в 0,4 секунды (Впервые... 2015). Насколько это стимулирует развитие беспилотных машин, неясно (ведь соревнования по шахматам с использованием компьютеров распространились незначительно). Однако инженеры из *Google* особенно подчеркивают, что их новые разработки позволяют существенно повысить безопасность наших обычных повседневных поездок. Тем не менее, как мы уже говорили в *Главе 7*, на пути массового внедрения беспилотного автомобиля стоит много препятствий, включая правовые, организационные, безопасность, опасения и консерватизм. Быстро их не преодолеть.

Однако, повторим, развитие такого рода самоуправляемых систем является важным предвестником скорого начала завершающей фазы кибернетической революции (в 2030-х гг.). Комплекс самоуправляемых электромобилей с новым совершенным аккумулятором¹², с дорогами, от которых можно заряжаться, мог

¹⁰ По исследованиям группы «Волга» и НИУ ВШЭ, мировой парк автомобилей, работающих на газовом топливе, ежегодно увеличивается на 30 %, составив к 2014 г. около 20 млн единиц, или немногим менее 2 % от всех автомобилей в мире. Однако, согласно прогнозу Международного газового союза, к 2020 г. парк автомобилей на газе составит минимум 50 млн, а к 2030 г. – более 100 млн транспортных средств (Фомченков 2014). Напомним, что по оптимистическому прогнозу число электромобилей достигнет в мире 20 млн только в 2020 г. Но с учетом резкого падения цен на нефть популярность электромобилей может и сократиться.

¹¹ Например, есть проекты использования вместо дорожного покрытия солнечных батарей, либо электричество будет пропускаться от другого источника.

¹² Литий-ионные (Li-Ion) аккумуляторы довольно быстро дешевеют, есть подвижки в скорости подзарядки аккумуляторов. Не исключено, что прорывом в развитии аккумуляторной техники станет использование графена в производстве батарей. Испанская компания *Graphenano* как будто разработала аккумуляторы, которые на 77 % дешевле и легче используемых сегодня, обеспечивают запас хода 1000 километров и при этом

бы стать мощным источником технологического развития в процессе завершения кибернетической революции и далее, в зрелых фазах научно-кибернетического принципа производства.

Специализация. Наконец, грядущие технологические изменения, вне всяких сомнений, приведут к сильному, а во многих случаях радикальному изменению профессионального состава и компетенций населения. Производственная революция коренным образом меняет специализацию людей, их профессиональные навыки (компетенции) и создает потребность в новых. Земледелец и ремесленник сменили компетенции охотника и собирателя в период аграрной революции. А с появлением металлов исчезли специалисты по обработке каменных орудий труда. Но в эпоху аграрной революции тем не менее изменения происходили сравнительно медленно.

Практически весь период промышленной революции начиная с XVI в. и по крайней мере до последней трети XIX в. прошел под знаком борьбы квалифицированных мастеров с Левиафаном технического прогресса. История этого периода пестрит эпизодами запретов на изобретения, принятия представителями цехов различных стесняющих законов, историей разрушителей машин и т. п. (см. *Главу 4*). При этом основания для такого рода запретов и притеснений были самыми серьезными: ухудшение качества продукции, падение заработков, конкуренция со стороны людей, не имеющих нужной профессиональной подготовки. Однако в итоге машины заменили ручное мастерство, волны технологических инноваций смели целые отряды специалистов. Начальная (и даже средняя) фаза кибернетической революции, особенно при распространении компьютеров, также дала огромное количество случаев замены профессионального мастерства, в том числе в области интеллектуальной деятельности: набора, издания книг, журналов и газет, перевода, сбора информации, библиотечного и архивного дела, дизайна, рекламы, фотографии, кинематографии и т. д. и т. п. Уже не за горами время, когда книги в прежней форме станут раритетом. Появление возможности «сам себе» (режиссер, издатель, художник, фотограф и т. п.) стало знаменем времени.

В наименьшей степени дальнейшее развитие подорвет основы еще очень многих профессий – от врача (о чем уже шла речь в *Главе 8*) и учителя до няни и налогового инспектора. К примеру, автоматизированные беспилотные самолеты могут заменить большинство пилотов-людей, а самоуправляемые автомобили могут полностью ликвидировать таксистов как профессию (Хель 2015).

В целом общий курс развития должен пойти по пути сокращения численности занятых в целом ряде секторов сферы обслуживания (как простых видов, так и более сложных), но одновременно потребуются много новых профессий. Сокращение занятых в сфере обслуживания, повторим, не в последнюю очередь будет происходить за счет развития робототехники.

заряжаются всего за десять минут (Когда нефть... 2015). Но надо иметь в виду, что такого рода победные религии очень часто на поверку оказываются не столь впечатляющими, а то и просто бахвальством.