

Серия 9 физика Математика Астрономия 1965

И. Л. Рагунская

Человек и машина

20



И. Л. РАДУНСКАЯ

ЧЕЛОВЕК И МАШИНА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1965

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Человек и машина	3
«Усилители» умственных способностей	23

ИРЭН ЛЬВОВНА РАДУНСКАЯ

Редактор *И. Б. Файнбойм*
Художеств. редактор *Е. Е. Соколов*
Техн. редактор *Е. М. Лопухова*
Корректор *Р. В. Савина*
Обложка *А. Г. Ординарцева*

Сдано в наб. 18.IX 1965 г. Подп. к печ. 30.IX 1965 г.
Изд. № 113. Формат бум. 60×90¹/₁₆. Бум. л. 1,0.
Печ. л. 2,0. Уч.-изд. л. 1,98 А01453. Цена 6 коп.
Тираж 48 300 экз. Заказ 3205.

Издательство «Знание». Москва, Центр,
Новая пл., д. 3/4.

Типография изд-ва «Знание». Москва, Центр,
Новая пл., д. 3/4.

Человек и машина

7 декабря 1941 года эскадрилья японских торпедоносцев и бомбардировщиков совершенно беспрепятственно подошла к американской военно-морской базе Пирл-Харбор на Гавайских островах, атаковала ее и нанесла тяжелые потери Тихоокеанскому флоту США.

Как же это могло случиться, если база охранялась радиолокаторами? Однако радиолокатор не был виноват в оплошности. Оператор видел на экране локатора сигналы, вызванные приближающейся эскадрилей. Но в то время еще не существовало возможности отличать на экране локатора свой самолет от вражеского, и оператор решил, что видит американские самолеты, проводящие тренировочные полеты. Этот случай сделал совершенно очевидной необходимость создания такого прибора, который мог бы отличить свой самолет от чужого.

Не аналогичную ли задачу решает обыкновенный дверной замок? Все ваши знакомые, которым вы дадите ключ, могут беспрепятственно войти в ваш дом. «Чужой», не имеющий соответствующего ключа, замок не откроет. Так простой механизм, замок, решает логическую задачу: «да» или «нет», свой или чужой. Для этого замок нуждается лишь в соответствующем ключе.

Воспользовались «ключом» и создатели локационного опознавателя «свой—чужой». Локатор-запросчик посылает специальный сигнал — запрос. На самолете устанавливается передатчик — ответчик, который излучает условный сигнал-ответ. Этот сигнал образует на экране локатора значок, показывающий, что данный самолет свой. Чужие же самолеты вызывают на экране локатора сигнал без этого значка.

«Да—нет», «свой—чужой» — это простейшие логические задачи, решение которых человек поручил механизму, машине. Но перед людьми возникают и гораздо более сложные задачи. Их решение люди также стараются поручить машинам.

Перелистаем странички истории науки и техники. На страницы последних лет вторглись развернутым фронтом целые армии разнообразнейших машин, решающих различные задачи, ранее доступные лишь человеку. Самые важные из них —

это быстродействующие электронные математические машины — крупнейшее достижение современной науки и техники. Они способны не только решать математические задачи, но могут совершать и чисто логические операции: анализ, синтез, выбор и многие другие.

1949 год... Нефтеперерабатывающий завод полностью управляется электронной машиной...

1950 год... Электронная машина управляет металлорежущим станком, изготавливающим сложные детали без чертежей прямо по результатам расчета, который выполняет она же сама...

1953 год... Электронная машина пилотирует самолет по сложной траектории, представляющей собой неправильный четырехугольник. Машина управляет полетом более плавно и точно, чем летчик...

1954 год... Нью-Йорк. Машина переводит отдельные, специально составленные фразы с русского языка на английский...

1955 год... Москва. Электронная машина переводит с английского языка на русский отрывки из книги по математике...

1956 год... Милан. Электронная машина виртуозно играет в «крестики-нолики». Машина обязательно выигрывает, если ей принадлежит первый ход...

1956 год... Иллинойс. Электронная машина Иллинойского университета сочинила классическую сюиту в трех частях для струнного квартета.

1956 год... Париж. Кибернетический автомат, заменяющий и стенографистку и машинистку, выдает напечатанный текст речи оратора.

1961 год... Сибирь. Электронная машина расшифровала письма исчезнувшего племени майя...

Эти машины построены в различных странах, разными конструкторами, они разнообразны по своему устройству. Но все они объединены общей чертой: они содержат множество элементарных ячеек, каждую из которых можно сравнить с обыкновенным знаком. Так же, как замок, такая ячейка может быть либо открыта, либо закрыта; каждая из ячеек может находиться лишь в одном из двух взаимоисключающих состояний, которые можно уподобить двум значениям: «да» и «нет». С помощью различного соединения таких ячеек можно получить и более сложные логические комбинации, например «и—и».

Комбинации «и—и» можно, конечно, получить и без электронной машины. Например, такую задачу решают замки банковских сейфов. Банковский сейф обычно снабжается двумя замками. Ключ от одного из них хранится у кассира, от другого — у контролера. Ни один из них не может самостоятельно открыть сейф. Если дверь сейфа открыта, это значит, что

осуществлена схема логической комбинации «и—и»: сейф открыт и контролером и кассиром. Электронная счетная машина может осуществить еще более сложные логические комбинации, например «если-то», «ни—ни», «или—или» и другие. Но это достигается не специальным хитроумным выбором схем и устройств для решения каждой логической задачи в отдельности, а тем, что элементарные ячейки соединяются в различных комбинациях, каждая из таких комбинаций реализует какую-нибудь одну связь: «если и только если», «ни», «или», «не», «и» и т. д.

Конечно, на первый взгляд кажется, что на решении таких простеньких задач далеко не уедешь. Но человек разглядел сквозь эту ограниченность машины путь к расширению ее возможностей. Для этого следует использовать главное преимущество электронной машины — быстроту работы. Пусть каждый элемент машины отвечает только «да» и «нет», но человек сумел так расчленить сложные задачи на ряд простейших, доступных машине, что из элементарных логических комбинаций в результате складывается решение даже самых сложных математических проблем. Так поступает и сам человек. Встречаясь со сложной проблемой, он старается решать ее по частям, свести сложный вопрос к ряду простейших. Разница, конечно, в том, что человек делает это сознательно, а машина — совершенно бессознательно: она только слепо выполняет программу, которую ей задает человек, использовавший при ее создании не только достижения радиотехники, но и законы логики.

Конечно, не всякую задачу можно поручить машине. Ей доступны только те из них, которые подчиняются четким математическим правилам, законам формальной логики. Только такие задачи можно свести к описанным нами элементарным логическим комбинациям и простым арифметическим операциям.

Нужно отметить, что при создании электронных вычислительных машин оказалось недостаточным объединить в них многочисленные быстродействующие счетные ячейки. В машину пришлось ввести специальные запоминающие блоки — блоки памяти.

Такие сложные логические действия, как перевод с одного языка на другой или выбор наилучшего пути решения сложной математической задачи, возможны только благодаря способности электронных машин запоминать программу и результаты вычислений.

Способность электронных математических машин сравнивать результаты вычислений, выбирать наиболее правильное решение, запоминать его и дало возможность применить электронные машины для управления и регулирования. Это может быть управление металлорежущим станком, самолетом, ракетой, уличным автотранспортом, огнем артиллерии. Это может

быть регулирование сложных технологических процессов: варки стали, чугуна, переработки нефти — регулирование процессов атомного и химического производства, вредных и опасных для здоровья людей. Наконец, это может быть управление работой цеха, завода, всей огромной системой энергоснабжения страны и т. д.

Как же управляют электронные математические машины? Получая от измерительных приборов сведения о состоянии управляемого объекта, электронная управляющая машина все время сравнивает эти сведения с результатами вычислений, осуществляемых ею на основании исходных данных и программы. В случае несовпадения сравниваемых величин машина дает команду исполнительным органам, которые непосредственно управляют объектом.

Программой действий машины может быть предусмотрена даже оценка будущего поведения управляемого объекта. Для этого машина должна просчитать несколько вариантов поведения объекта при различных возможных изменениях внутри системы и во внешней среде. Получив различные результаты и оценив их с точки зрения заранее заданного критерия (например, по минимуму расхода горючего или по качеству продукции), управляющая машина выбирает наилучший вариант. Такая машина как бы приспосабливается к изменениям условий, к управляемому объекту. Она «запоминает» лучший вариант управления, применимый в различных случаях, как бы «обучается» в процессе работы, накапливает опыт. Такие системы управления получили название «самонастраивающихся», «самоорганизующихся» систем. Им принадлежит большое будущее.

Электронная математическая машина может быть использована для целей управления только в том случае, если поведение управляемого объекта подчиняется определенным правилам, если оно может быть описано математическим языком и задано машине в виде программы четких, однозначных действий. Однако некоторые процессы производства до сих пор еще не могут быть выражены на языке математики, что затрудняет применение для их регулирования электронных математических машин.

До сих пор математические машины применялись для регулирования сложных процессов таким же образом, как и обычные системы управления. Это значит, что они поддерживали регулируемый процесс на заданном уровне или изменяли его по заранее заданному закону. Однако во многих случаях наиболее выгодный закон изменения процесса неизвестен. Поэтому регуляторы старого типа даже в сочетании с вычислительными машинами не могут применяться для регулирования этих процессов.

В последнее время были созданы такие программы регулирования, которые смогли преодолеть эти препятствия. В математическую машину вводится приближенная программа регулирования, учитывающая лишь основные, в достаточной мере изученные законы, которым должна следовать машина при управлении процессом. Но в то время как к машине присоединяются все измерительные приборы, контролирующие ход регулирующего органа, исполнительные органы, управляющие положением регулирующих органов, не присоединяются к машине. Естественно, возникает вопрос: как же управляет такая машина, если она не связана непосредственно с регулирующими органами? Машина действительно первое время не управляет. Она начинает проходить, так сказать, курс обучения.

Вот как это происходит. В период обучения регулирующими органами управляет не машина, а опытный оператор. На основании своего многолетнего опыта он управляет процессом, зачастую даже не зная всех законов, которым подчиняется процесс, или зная их приближенно. Но хороший оператор компенсирует это теми знаниями, которые он приобрел раньше, наблюдая и осмысливая ход процесса.

Машина же в это время, получая от измерительных приборов данные о ходе регулируемого процесса, выполняет необходимые расчеты по заданной ей программе. Она сравнивает результаты своих вычислений, цель которых — определить положение регулирующих органов с тем положением, которое устанавливает оператор. На основании такого сравнения в программу вводятся необходимые изменения, а в некоторых случаях машина сама видоизменяет заданную ей программу с тем, чтобы свести к минимуму разницу между вычисленным положением регулирующих органов и тем, которое устанавливает оператор.

Постепенно уточняя и дополняя программу, устраняя имеющиеся в ней дефекты, удается добиться полного совпадения результатов вычисления и того положения регулирующих органов, которые устанавливает специалист. Таким образом, машина обучается у опытного оператора. После курса обучения машина сможет полностью заменить его и в дальнейшем вести работу самостоятельно.

Сопоставляя такие программы, способные видоизменяться в процессе работы, человек добивается применения управляющих машин даже в тех случаях, когда регулируемый процесс недостаточно изучен и когда составить исчерпывающую программу действий машины невозможно.

Особенно наглядным представляется действие машин с гибкими программами, предназначенных для решения различных стратегических и тактических задач: шахматных, шашечных, военных.

Допустим, в начале игры в шахматы машина обладает

лишь самыми элементарными стратегическими навыками и очень неполными сведениями об особенностях игры. Скажем, в нее заложены лишь основные правила игры, некоторые тактические закономерности и главное — методы улучшения этой тактики, основа для ее «обучения» в процессе игры.

А затем машина начинает совершенствоваться и пополнять свои «знания» одним из следующих способов. Она либо делает пробные ходы и запоминает благоприятные и устраняет неблагоприятные результаты, либо подражает более успешно играющему противнику, либо получает нужную информацию со стороны, от внешнего наблюдателя — «учителя», который в течение некоторого времени сам вносит в программу машины команды каждого следующего хода и, таким образом, передает машине свой опыт. Либо, наконец, сама машина во время игры и после ее окончания производит анализ допущенных ошибок и общего хода игры с целью выработки общих принципов тактики игры.

Для того чтобы машина могла производить этот анализ, совершенствовать свою «стратегию», менять «стиль» игры, нужно, чтобы в программе машины была обусловлена возможность учета «опыта» машины в предыдущих играх и восприятия внешних указаний.

Применение электронных машин для игры в шахматы, шашки, кости, карты и другие игры, создание программ самосовершенствующейся стратегии игры — это, конечно, не самоцель.

Создавая «обучаемые» машины и программы для них, предусматривающие возможность самоорганизации машины, человек расширяет возможности математических машин за рамки формальной логики.

Такие машины будут иметь в будущем огромное экономическое значение.

Рамками формальной логики ограничены пока еще и возможности машин-переводчиков. Предпосылки для автоматизации процесса перевода заключаются в том, что язык подчиняется определенным правилам лексики и грамматики. Машина осуществляет перевод с одного языка на другой в соответствии с определенными правилами, которые могут быть положены в основу программы. Степень совершенства программы, количество и характер закономерностей, использованных при ее составлении, объем словаря, введенного в «память» машины, определяют возможность машины-переводчика.

Если бы каждому слову переводимого текста, скажем, английского, соответствовало бы на другом языке, например, русском, одно-единственное значение и порядок слов в предложении был бы на обоих языках одинаков, то автоматический перевод осуществлялся бы просто. «Прочитав» очередное слово на английском языке (при вводе в машину каждое

слово заменяется соответствующей комбинацией цифр), машина сравнила бы это слово со всеми английскими словами (с их числовыми значениями), хранящимися в «памяти» в ее английском словаре, нашла бы (вычтя из одного числа другое и получив нуль) нужное слово и «запомнила» бы номер той ячейки «памяти», в которой находится русский эквивалент этого слова. В результате машина автоматически напечатала бы на выводном устройстве найденные таким образом русские слова, образующие переведенную фразу.

Но на самом деле все обстоит гораздо сложнее. Порядок слов в предложении в большинстве языков оказывается существенно различным. Более того, смысл одного и того же слова может изменяться в зависимости от его места в предложении и от сочетания соседних слов. В живом человеческом языке часто для описания одного и того же понятия используются различные слова, так же как и одному слову приписывается иногда несколько значений. При переводе с одного языка на другой почти никогда нельзя переводить дословно: построение фразы в каждом языке подчиняется определенным правилам. Часто некоторые слова вообще не имеют самостоятельного значения и не подлежат переводу. Поэтому машина обязана не просто сравнивать одно слово с другим, а выполнять ряд операций более сложных. Например, если переводимому слову на другом языке соответствует несколько эквивалентов, она должна сделать верный выбор с учетом смысла фразы. После того как слова одного языка заменены словами другого языка, машина должна грамотно согласовать их между собой в предложении.

Так как машина не обладает разумом, то она не может произвести анализ значения слова по смыслу предложения. Машине доступен только формальный анализ с помощью формальных законов, которые должны быть предварительно выявлены человеком и заложены в машину в виде программы анализа. Это усложняет программу перевода, так как она содержит значительно большее число команд, чем программа, составленная для решения многих математических задач. Поэтому если перевод научно-технических текстов и газетных материалов принципиально возможен, хотя пока что затруднителен из-за малого объема «памяти» современных машин, то задачи перевода художественной литературы гораздо сложнее.

Например, в современном немецком языке имеется около 400 тысяч слов, что потребовало бы применения колоссального количества запоминающих ячеек. Так, для записи содержания книги в 25 печатных листов, что составляет приблизительно 400 страниц, необходима аппаратура, по сложности равная примерно 5 тысячам телевизоров.

В последнее время, правда, созданы принципиально новые виды «памяти», обладающие возможностью запоминать мил-

лиарды знаков и способные хранить их в специальных «книгах» в течение 50—100 лет. Ориентировочно можно считать, что в одном кубометре такой машинной «памяти» размещается более 5 миллионов элементов, т. е. как раз содержание книги в 25 печатных листов.

Кроме того, новые запоминающие устройства обладают огромным быстродействием. Перелистывая автоматически «запоминающую книгу», за один час можно просмотреть 10 миллиардов цифр или 250 тысяч печатных листов, т. е. 4 миллиона страниц обычного текста.

Эти новые запоминающие устройства разрабатывались для быстродействующих машин, предназначенных для анализа содержания мирового фонда научно-технической литературы; для автоматических справочных машин, чтобы хранить огромное количество сведений; для информационных и статистических машин, необходимых в тех случаях, когда надо обработать большой поток статистических сведений о работе промышленности, сельского хозяйства, транспорта, проанализировать их и выработать данные для планирования и руководства.

Бесспорно, эти более совершенные виды «памяти» должны сыграть важную роль и в решении проблемы перевода. Они намного облегчат технику автоматического перевода и расширят его возможности.

Перевод художественного текста осложняется не только необходимостью огромного объема словаря, но и тем, что в художественной литературе встречаются особые обороты, тесно связанные с жизнью и бытом народа, которые при формальном переводе не будут поняты. В этом случае переводчику надо переводить текст не буквально, а создавать новую форму, правильно передающую содержание. Такой перевод автоматизировать, конечно, невозможно.

Электронные быстродействующие вычислительные машины появились не более 20 лет назад. Не только в упрощенном описании, но и при глубоком изучении работы электронных машин создается полная иллюзия того, что они действуют, как человек. Даже при описании действия таких машин невольно приходится применять слова, которые до сих пор употреблялись только по отношению к человеку, например машина «вычисляет», «переводит», «анализирует», «запоминает» и т. д. Мы недаром так подробно остановились на принципе работы этих машин: их действия кажутся очень осмысленными. Как только появились эти машины, на них особое внимание обратили физиологи. А нельзя ли, подумали они, использовать эти машины для изучения тех самых умственных действий человека, которые так блестяще имитируют машины: для изучения процессов, которые происходят в мозгу человека, в его нервной системе?

Понять до конца законы жизнедеятельности организма, процессы, протекающие в его органах, взаимосвязь их; чуткую и точную работу нервной системы, сложную и мудрую деятельность мозга; природу чувств, разума, воли, темперамента; научиться управлять всеми сложными процессами в живом организме — вот одна из больших задач современной науки.

Проникнуть в тайны живой природы — такое смелое желание владело не одним поколением ученых. Пути к этим тайнам люди искали и в далекой древности и ищут в наши дни. Конечно, опыт веков не прошел бесследно. Многое, очень многое доступно теперь исследователю, но далеко еще не все. Немало белых пятен и в медицине, и в биологии, и в психологии.

Большую помощь оказали ученым модели. Сначала это были только живые модели — животные и их органы, которые и в наши дни широко используются для наблюдений и изучения человеческого организма. Потом обратили на себя внимание модели физические и физико-химические, как наиболее доступные и в некоторых случаях достаточно точно имитирующие многие явления в живом организме. Так были созданы модели сердца, почек, легких. Почти сто лет назад Маттеуччи построил физическую модель нервного возбуждения, а Лилли смело делал выводы о принципах распространения нервных импульсов по нервным стволам, наблюдая, как ведет себя железная проволока в азотной кислоте! Смелая аналогия, хотя на первый взгляд непонятная, но тем не менее очень полезная для науки, сыгравшая в свое время большую роль в понимании процесса распространения нервных импульсов в живом организме.

Особенно расширились возможности ученых, изучающих живую природу, после того как было обнаружено, что изменяющиеся электрические потенциалы обнаруживаются точными приборами при работе сердца, легких, при возбуждении нерва, при работе мозга. Мозг человека, например, непрерывно, днем и ночью, генерирует электрические колебания. Врачи считают, что в мозге здорового человека возбуждаются колебания с частотой от 8 до 13 колебаний в секунду с наложенными на них более частыми колебаниями — до 25 в секунду. При различных заболеваниях частота и амплитуда колебаний меняются, иногда даже возникают «электрические бури».

Электрические процессы, происходящие в нервной системе и других органах, зачастую характеризуются теми же особенностями и количественными соотношениями, что и колебания в некоторых электрических системах. Это дало возможность ученым применять электрические, а впоследствии и электронные модели для изучения жизнедеятельности живого организма. Одной из первых была создана Ван-дер-Полем электронная модель сердца, на которой изучалась ритмическая деятельность сердца. Модель Ван-дер-Поля представляла собой

простой ламповый генератор. Напряжение, даваемое этим генератором, по периодичности совпадает с ритмом работы сердца.

Мысль об использовании электронных машин в качестве моделей пришла, конечно, не случайно. Физиологи хорошо знали, что принцип действия замка и элементарной счетной ячейки электронных машин сходен с принципом деятельности нервных клеток. Нерв тоже может находиться только в одном из двух взаимоисключающих состояний: либо нерв возбужден, либо находится в покое. Значит, живой нерв тоже действует по схеме «да» или «нет».

Но не только эта аналогия привлекла внимание физиологов. «Память» машины — вот что их чрезвычайно заинтересовало. Ведь память, которая заключается в том, что ни одно восприятие, раздражение не проходит для человека бесследно, оставляет «след» в его нервной системе, отличала до сих пор только человека!

«Память» машины в некотором отношении аналогична памяти человека. Подобно тому, как нервные клетки под влиянием раздражения еще долго хранят «воспоминания» о нем, запоминаящие ячейки машины тоже сохраняют изменения, происшедшие в них в результате действий машины. Конечно, между «памятью» машины и памятью человека имеются и существенные различия. Например, память человека, фиксируя событие, сопровождает его рядом субъективных впечатлений, дополнительных соображений и других психологических факторов, а «память» машины представляет собой чисто физический акт, обычно имеющий электрическую природу и фиксирующий некоторый набор сигналов, подлежащих запоминанию.

Ученых заинтересовали и общие принципы управления и регулирования в живом организме и машинах.

Какие же аналогии могут быть в системах автоматического управления и регулирования в живом и неживом организме? Живой организм можно рассматривать как совокупность самых различных систем автоматического регулирования и управления. В организме человека и животного все органы работают гармонично. Организм стремится к нормальному, уравновешенному состоянию. Здоровый организм сам поддерживает свою температуру, давление крови, сахарный баланс на определенном уровне.

Как осуществляется это управление, или, точнее, самоуправление? С помощью сложных связей, которые существуют в организме. С помощью систем управления работой сердца, печени, дыхательного центра, желез внутренней секреции и других органов. Эти системы управления действуют сравнительно независимо друг от друга, но они объединены центральной нервной системой. Задача этого управления—поддерживать

отдельные органы и весь организм в целом в нормальном состоянии. Однако живой организм не есть нечто изолированное, оторванное от внешней среды. Живой организм тесно связан с окружающим его миром, он постоянно взаимодействует с ним, реагируя на все изменения внешней среды, стараясь сохранить внутренний режим организма неизменным.

Вспомним некоторые примеры автоматического регулирования в живом организме. Например, дыхание. Механизм саморегулирования его довольно сложен. Дыхательный аппарат снабжен целым рядом чувствительных нервов, которые возбуждаются при прохождении воздуха по воздухоносным путям, при сокращении легких, при обеднении состава крови кислородом и обогащении его углекислотой. Так, при вдохе легкие расширяются, по воздухоносным путям интенсивно проходит воздух, состав крови пополняется кислородом, на что реагируют нервные окончания в кровеносных сосудах. Этот комплекс возбуждения по нервным волокнам передается в дыхательный центр мозга, и оттуда поступают команды, тормозящие вдох и стимулирующие выдох. Потоки возбуждений, приносимых чувствительными нервами, заставляют вдох сменяться выдохом, а выдох вдохом, регулируют глубину дыхания и его скорость.

Еще пример — рефлекс кашля. Допустим, вы поперхнулись крошкой хлеба, и она попала вам «не в то горло». Тотчас приступ кашля помогает вам избавиться от этой неприятности. Как же это происходит? Крошка хлеба раздражает нервные окончания в слизистой оболочке дыхательных путей. Эти датчики раздражения посылают сигнализирующие импульсы в центр. В ответ идут приказы мышцам. Мышцы, сокращаясь, вызывают резкие выдохи (кашель), которые и очищают гортань от постороннего предмета. Когда крошка выбрасывается струей воздуха, сигналы «бедствия» прекращаются, кашель утихает. Таким образом автоматический регулятор привел гортань в прежнее, нормальное состояние.

Примеров автоматического регулирования в живом организме очень много. И в технике также можно найти бесчисленное множество примеров автоматического регулирования и управления. Сталеплавильная, стекловаренная, доменная печи или другой какой-нибудь агрегат или объект — это тоже сложные «организмы», в которых с помощью систем автоматического регулирования самоорганизуется стабильный, нормальный процесс варки стекла, плавки стали или чугуна. Для управления этими сложными объектами человек искусственно охватил их сложной «нервной системой», состоящей из отдельных приборов, связанных в цепи автоматического регулирования. Своеобразные органы «чувств» системы — датчики — реагируют на различные изменения внутри объекта и посылают сигналы в управляющий центр, в «мозг» системы. Здесь

вся поступившая информация о ходе процесса перерабатывается в информацию управляющую, которая приводит в движение «мышцы» системы: заслонки, краны, шиберы, изменяющие подачу в агрегат воздуха, топлива и сырья.

До сих пор для автоматического регулирования в основном использовались автоматы, которые были глухи к изменениям внешних условий. Они действуют по заранее заданной программе в соответствии с определенной настройкой. С появлением электронных управляющих машин в технике наступает новая эра — эра машин, которые, так же как и человеческий организм, приспосабливаются к внешним условиям. В таких системах особенно бросается в глаза сходство с человеческим организмом в принципах переработки информации: в работе цепей связи, по которым эта информация передается.

Человеческий организм является сложной системой, перерабатывающей поступающую в него информацию. Все раздражения окружающей нас среды воспринимаются органами чувств. Различные воздействия трансформируются органами зрения, слуха и осязания в нервные импульсы, которые направляются по бесчисленным нервным волокнам, являющимся каналами связи, в мозг, который Павлов назвал «центральной станцией». Кора головного мозга человека, состоящая из огромного количества (до 10 миллиардов) нервных клеток, сосредоточивает в себе центры всех отдельных систем связи. В коре головного мозга непрерывно происходит переработка информации: сигнализирующих импульсов в импульсы управления, которые по миллионам нервных волокон проделывают обратный путь — от мозга к мышцам.

Надо сказать, что связь различных органов и отдельных участков коры головного мозга была обнаружена учеными уже давно. Если электрическим током раздражать определенные участки головного мозга, то приходят в движение определенные группы мышц тела.

Еще сто лет назад на это обстоятельство обращал внимание Сеченов. В статье «Рефлексы головного мозга» он писал, что все внешние проявления мозговой деятельности могут быть сведены к мышечному движению. Воздействуя токами на определенные зоны коры головного мозга, можно вызвать у человека ощущение холода, света, звука и т. п.

Подобно тому, как передается то или иное возбуждение в живых организмах в виде серии отдельных импульсов, так и в электронных машинах электрическое возбуждение в виде серии электрических импульсов распространяется от одних ячеек к другим, причем действие этих ячеек, как мы знаем, подобно действию нервных клеток.

Аналогии, о которых мы говорим, конечно, очень грубы.

В той же статье Сеченов замечал, что мысль о машинности

мозга при каких бы то ни было условиях для всякого натуралиста клад. И тут же предупреждал, что не следует слишком полагаться на наши силы, имея в виду такую машину, как мозг; это самая причудливая машина в мире. Будем скромны и осторожны в заключениях.

Разумеется, никому и в голову не придет ставить знак равенства между живым организмом и даже самым совершенным механизмом. Но есть в них и сходство. Это сходное — в сложной системе управления, в системе связей, задачей которой является поддержание жизнедеятельности одного, работоспособности другого.

Изучая с помощью электронных моделей законы управления в живых организмах, человек сможет помочь организму справиться с различными расстройствами в системах управления. Нарушения в органах управления живого организма могут привести к различным функциональным расстройствам. Например, известны случаи, когда человек теряет способность координировать свои движения. Понимание механизма этого явления может помочь найти меры борьбы с ним.

Сделаны первые опыты изучения работы легких, щитовидной железы с помощью электронных моделей. Уже создано электронное устройство, моделирующее работу сердца и кровеносной системы. Это устройство может вычертить графики (электрокардиограммы) работы сердца, нормально функционирующего и тронутого заболеванием. Если действительная электрокардиограмма сердца больного совпадает с одним из графиков, вычерчиваемых электронной моделью, это может помочь врачу установить или подтвердить диагноз заболевания сердца. Подобный метод может быть применен и для определения характера нервных и психических заболеваний. На основе снятых у больного энцефалограмм и сравнения их с кривыми, вычерчиваемыми моделирующим устройством, изучаются отклонения от нормы в работе мозга.

Но все же как узко в этих случаях ставится вопрос! Ведь для науки важен не частный диагноз, интересно изучить все особенности работы мозга и сердца. Сердце может быть здоровым и больным, но должно справляться со своей задачей, задачей поддержания жизни человека. А ведь она так многообразна! Вы побежали или подняли камень — сердце забилося сильнее. Вами овладел испуг, радость, возмущение — и пульс участился. Человек во все «вкладывает сердце»! Как же оно справляется со своей задачей, как влияет на него работа других органов? На эти вопросы помогает ответить одна из самых последних моделей, модель математическая.

Возьмите свою руку и нащупайте пульс. Сколько? Обычно число ударов колеблется от 50 до 100 в минуту. И вы даже не подозреваете, что при вдохе и выдохе частота ударов сердца резко изменяется, так резко, как бывает при поднятии боль-

шой тяжести. Но это происходит кратковременно и при обычном счете пульса даже не замечается. Это явление вполне обычно, оно происходит без участия сознания и является необходимым условием существования организма. Ученые уже знают, что пульсом заведует небольшое нервно-мышечное образование сердца. Его называют синусным узлом. Этот синусный узел через особый блуждающий нерв воспринимает влияние на сердце дыхания, физической нагрузки, психических переживаний.

Изучая работу синусного узла, ученые попытались описать ее математическим путем. И вот, когда уравнение, оказавшееся довольно удачным математическим аналогом синусного узла, было написано, оно поразило математиков тем, что в точности совпадало с уравнением, которое характеризует обычный маятник. Это уравнение описывает движение тяжелого шара, подвешенного на стержне. Казалось бы, какое отношение имеет к сердцу шар на подвесе? Только то, что и маятник и сердце в какой-то степени аналогичны колебательным системам, что период колебания в одном зависит от сокращения блуждающего нерва, а в другом — от изменения длины подвеса. Большого от подобной модели и не требуется. Совсем не обязательно, чтобы модель и его аналог были подобны во всем. Важна общность законов, управляющих работой обоих. И теперь, имея легкий доступ к модели, можно изучать малодоступное сердце. Ведь легче изменить длину подвеса маятника и этим количественно имитировать зависимость работы блуждающего нерва от дыхания, возбуждения, нагрузки, чем вести умозрительные рассуждения о том, что нельзя взять в руки.

Ученых заинтересовал и другой момент. Маятник помогает изучать работу сердца при нормальном дыхании, но ведь при плавании и некоторых спортивных упражнениях необходима задержка дыхания после вдоха. Как это влияет на работу сердца и жизнедеятельность организма? Уравнение маятника здесь уже помочь не могло. Нужно было искать новую модель.

В промышленности часто применяются электронные системы, в которых искусственно производится задержка сигнала. Выработает генератор электрический импульс, а специальная схема его чуть попридержит, пока не понадобится передать его в рабочий агрегат. Каково же было удивление и радость ученых, когда они убедились, что эти схемы задержки могут смоделировать влияние задержки дыхания. Ученые исследовали сердечную деятельность 50 человек и убедились, что новая модель удивительно точно отображает связь сокращения сердечной мышцы с процессом дыхания. А так как схемы автоматической задержки хорошо изучены, то удалось найти математическое уравнение, достаточно полно описывающее сердце и его нервные регуляторы. Это большая победа метода мате-

математических моделей. Хотя эти методы и не новы — их история уходит ко временам Декарта и даже Ламетри, которые пробовали прилагать к изучению человеческого поведения те же методы и формулировки, которые употреблялись в математической физике, — но при современном уровне науки они дают богатые всходы.

Упомянутые модели и другие математические модели одинаково хорошо описывают работу промышленных систем автоматического регулирования и действие «искусственного сердца», позволяющего хирургам в необходимых случаях останавливать сердце больного, заменяя его автоматом. И даже работу известной кибернетической игрушки — «черепахи».

В изучении работы мозга также наметился существенный прогресс.

Вечером 2 июля 1962 года в лекционном зале Московского Политехнического музея выступал всемирно известный ученый, один из создателей кибернетики Норберт Винер. Он рассказывал о своей новой работе по изучению биопотенциалов мозга.

Электроэнцефалограммы уже давно применяются для изучения работы мозга, для диагностики опухолей мозга и других заболеваний. Но крайне малая величина этих биопотенциалов не позволяла до сих пор получать этим путем достаточно подробных сведений о работе нервной системы. Винер решил применить для изучения биопотенциалов мозга особый метод математического анализа, широко применяемый для изучения случайных процессов или слабых сигналов, наблюдаемых на фоне помех. Ведь электроэнцефалограмма представляет собой не что иное, как запись очень слабого сигнала от работающего мозга, полученную на фоне сильных помех.

Примененный ученым метод сравнительно прост. Электроэнцефалограмма записывается не на бумагу или фотопленку, как это делается в поликлиниках, а на магнитную ленту при помощи магнитофона, присоединяемого к электроэнцефалографу. Затем лента с записью пропускается через специальный магнитофон, снабженный двумя действующими одновременно читающими головками. Сигналы, получающиеся в этих головках, перемножаются при помощи специальной радиотехнической схемы за большой промежуток времени.

В результате такой операции можно получить важную характеристику изучаемого процесса, известную у математиков под названием «функции корреляции».

Первым результатом нового метода было неожиданное обнаружение в хаотических, с первого взгляда, записях электроэнцефалографа периодического сигнала, возникавшего 10 раз в секунду. Это был так называемый альфа-ритм, играющий большую роль в человеческом организме, о присутствии которого в мозгу ученые раньше ничего не знали.

Оказывается, что при нормальном состоянии организма этот ритм очень устойчив, но он сильно реагирует на различные внешние воздействия и внутренние изменения организма. Поэтому он может быть, аналогично пульсу, использован для диагностики. Но так как сердце сокращается в десять раз медленнее, то новый метод может позволить производить более тонкие исследования быстрых реакций организма. Такой метод имеет колоссальное практическое значение. Действительно, для того чтобы обнаружить опасность, угрожающую больному при операции, врач, считающий его пульс, должен затратить минимум 10 секунд, а иногда и минуту. Иначе он не сумеет определить нарушение работы сердца. В серьезных случаях это промедление может оказаться опасным. Поэтому наблюдение за альфа-ритмом, гораздо быстрее реагирующим на изменение состояния организма, приведет к новому прогрессу в медицине.

В заключение доктор Винер сказал, что на основе этих опытов можно предположить, что группы клеток мозга дают управляющие сигналы (в некоторой степени аналогичные сигналам, управляющим действием цифровых вычислительных машин), подчиняя своему ритму работу остальных клеток мозга, а может быть и всего организма. Особенно интересно, что частота этих сигналов может захватываться, т. е. принудительно управляться внешними сигналами, например вспышками света с частотой, близкой к частоте альфа-ритма. Эта возможность, вероятно, позволит разработать новый метод лечения некоторых заболеваний, связанных с нарушениями альфа-ритма. А главное — появилось еще одно важное звено в цепи тех сведений о работе мозга, которые позволят создавать более совершенные модели этой главной управляющей системы организма.

Особенно заманчива возможность использования моделей для изучения процессов мышления человека. В науке долго господствовало мнение, что психическая и умственная деятельность человека — это особый мир, недоступный объективному изучению, это «мир в себе». Немецкий ученый Людвиг писал, что «изучать мозг методами точной науки — это все равно, что изучать механизм часов, стреляя в них из ружья».

Тем не менее научная мысль изыскивала средства подхода к этим сложным вопросам. Еще в конце прошлого столетия русские ученые Данилевский, Сеченов, Введенский много сделали в области понимания процессов работы мозга. Сеченов был убежден, что математики придут на помощь физиологам и многие физиологические процессы и процессы мышления будут описаны математическим языком и смогут изучаться с помощью точных наук.

Следуя Сеченову, мы можем сказать, что рукою музыканта вырываются из бездушного инструмента звуки, полные жизни

и страсти, а под рукой скульптора оживает камень. Ведь и у музыканта и у скульптора рука, творящая жизнь, способна делать лишь чисто механические движения, которые, строго говоря, могут быть подвергнуты математическому анализу и выражены формулой.

Прогресс современной науки, во всех ее разновидностях, определяется в значительной мере ее математизацией, и это в большой степени относится и к биологии и к физиологии. Вот почему мысли Сеченова о «дружбе» биологии и математики, которые в его время считались «безумными», так актуальны сегодня.

Сеченов был не только физиологом, — он был и прекрасным инженером, поэтому не удивительно, что он ждал и желал объединения этих наук.

В наше время ученые получили в свое распоряжение замечательные модели для изучения умственной деятельности человека — современные электронные математические машины. При составлении программ для математических машин ученые в ряде случаев сознательно приписывают машине порядок действий, свойственный человеку. Так, программа перевода совпадает с действиями человека, не знающего иностранного языка, но имеющего словарь и знакомого с основными правилами перевода. Программа решения сложнейших задач высшей математики, составленная для машины, в основных чертах похожа на программу, составленную для вычислителя, не знающего высшей математики, но умеющего работать с арифмометром.

Но вот при изучении электронной машины для слепых, построенной для чтения печатного текста вслух, было обнаружено, что в действии ее блоков имеется много общего с процессом образования связей в тех участках головного мозга, которые управляют зрительными восприятиями. В этом случае конструктор машины даже не стремился к получению такого сходства. Оно явилось неизбежным результатом общности ряда закономерностей работы электронной счетной машины и человеческого мозга.

Интересно упомянуть еще о специальных моделях, иллюстрирующих выработку у животных условного рефлекса и процесса обучения. Как известно, Павлов вырабатывал у животных условные рефлексy, систематически повторяя один и тот же урок: например, сопровождая кормление собак звонком. Через некоторое время при звонке у собак начинал выделяться желудочный сок, как при кормлении. Учеными были созданы модели, получившие название «черепахи» и «мышы», — это простейшие модели, с помощью которых можно иллюстрировать процесс обучения и выработки рефлексов у животных.

Создавая эти модели, конструкторы наделили их, пожалуй,

более совершенными реакциями, более осмысленным поведением, чем это свойственно настоящим животным. На модели, имитирующие поведение живых существ, многие физиологи возлагали очень большие надежды, переоценивая их значение, возможно, забывая о том, что «в реальном мире всякое животное должно быть готово ассоциировать какое бы ни было явление с каким бы то ни было другим», а здесь безусловный и условный раздражители намечены заранее, predeterminedены и никакой свободой воли эти электронные существа не обладают. Если в их поведении и таится какой-то скрытый смысл, то он скрыт только для постороннего глаза, а никак не для его создателя.

Аналогичные и еще более сложные опыты можно осуществить с помощью электронных универсальных машин. Для этого создаются специальные программы работы машины, что открывает большие возможности для моделирования различных процессов, происходящих в живых организмах. Модели типа «черепахи», «мыши» и более сложные дали толчок очень важному научному направлению, о котором будет рассказано во второй части брошюры.

Желание изучать с помощью электронных моделей процессы в живом организме все более овладевает учеными. И примером тому служит модель, имитирующая не повадки живого существа в целом, даже не отдельные его рефлексy, а всего лишь работу одного органа — руки. Но эта модель стоит всех остальных вместе взятых. И прежде всего тем, что ее поведение не predeterminedено заранее, как поведение кибернетических игрушек, не воспроизводит в точности заданную жесткую программу. Можно смело утверждать, что эта уникальная модель управляет мышью человека.

На одном из заседаний Первого Международного конгресса по автоматическому управлению к доске подошел молодой человек и мелом четко написал приветствие участникам конгресса. Энтузиазм, с которым присутствующие встретили это приветствие, объясняется тем, что мел держала не рука, а протез. И не обычный, а с биоэлектрическим управлением, осуществляемым мозгом. Сигналы, управляющие протезом, снимаются с поверхности кожи вблизи тех мышц культи, которые у здорового человека управляют движениями кисти и пальцев.

Не будет большим преувеличением сказать, что этим протезом управляет воля человека. Человек захотел взять мел и написать на доске определенное слово. При этом в мозгу автоматически возникли нервные импульсы, которые у здорового человека вызывают мышечные реакции, необходимые для исполнения его желания. У инвалида тоже возникли эти командные импульсы, но он лишен руки и осуществление его желания стало возможным лишь при помощи протеза. Командные импульсы вызвали сокращение остатков соответствующих

мышц и одновременно появление биопотенциалов на близлежащих участках кожи. Эти потенциалы и используются для управления протезом. Этот протез справедливо назвать одним из чудес XX века. Он воплотил в себе достижения кибернетики, биофизики и радиоэлектроники. В отличие от ранее известных протезов, использовавших силу уцелевших мышц инвалида, этот протез работает за счет энергии небольшого аккумулятора, обеспечивающего работу протеза в течение дня и заряжаемого от осветительной сети ночью.

Биопотенциалы возникают и на коже здоровой руки, что и позволяет предвидеть широкое применение аналогичных протезов в промышленности. Этот замечательный прибор не только позволит вернуть многих инвалидов к привычному труду, но и заменить ручной труд в условиях, опасных для здоровья и жизни человека. Он, вероятно, вытеснит манипуляторы, применяемые для выполнения различных операций в «горячих» зонах атомных электростанций, при ремонте сложных установок, в которые не может проникнуть человек, и во многих подобных случаях.

Мы рассказали лишь о некоторых современных моделях: электронных машинах, выполняющих математические, логические действия, и специальных моделях, с помощью которых можно изучать многие мыслительные, психические и другие функции человека, можно моделировать эти процессы в доступной для изучения форме.

Однако нельзя забывать, что, несмотря на многие аналогии между человеческим мозгом, нервной системой и электронной счетной машиной, им свойственны и глубокие, непреодолимые различия. По выражению одного ученого, нервная система — это «механизм большей сложности, чем любой известный нам искусственный механизм, и ее действия, соответственно этому, разнообразны и сложны. Проблема понимания нервной деятельности животного является гораздо более глубокой, чем проблема механизма вычислительной машины».

Поэтому отождествлять реальные организмы с теми моделями, которые построены для объяснения их, отнюдь не следует.

Это понимали еще в XVI веке. Блез Паскаль, который создал чудо своего времени, одну из первых «думающих» машин, говорил:

— Не следует обманывать себя, мы являемся в такой же степени автоматами, в какой и мыслящими существами.

— Арифметическая машина, — добавляет он, — совершает действия, которые приближаются к мысли более, чем все, делаемое животными; но она не делает ничего, что заставило бы признать, что она обладает волей, как животное.

Человеческий мозг содержит бесчисленное количество реф-

лекторных связей, рождающих разнообразные виды творчества. Павлов говорил, что мозг человека таит в себе столько творческих возможностей, что человек за всю свою жизнь не в состоянии использовать и половину из них.

Структура мозга—это неповторимое, случайное сочетание нервных клеток — нейронов. Но это отсутствие порядка, этот хаос в сочетании с огромным разнообразием возможных связей между отдельными клетками порождают замечательную слаженность работы человеческого организма, недоступную машине, в строении которой царит идеальный порядок. Человеку свойственны сознание, индивидуальность, характер, темперамент. Машина же обречена навсегда лишь слепо следовать воле создавшего ее человека, выполнять лишь порученное ей дело, но выполнять молниеносно быстро, точно и автоматически с начала до конца.

Конечно, можно создать электронный мозг почти как угодно сложным, близким по своему строению к живому. Один американский ученый заходит в своих мечтах даже слишком далеко. Он говорит:

— Если бы мы могли располагать достаточным количеством центральных клеток (элементов искусственного мозга), если бы они были достаточно малы, если бы мы, наконец, располагали достаточным временем, достаточным, чтобы собрать все это вместе, то мы могли бы построить роботы, действующие по любой заданной программе. Было бы нетрудно построить робот, ведущий себя в точности, как Джон Джонс или Генри Смит, или же робот, имеющий любое желаемое усовершенствование свойств поведения Джонса или Смита.

Но зачем нам робот, похожий на Джонса или Смита? Ведь робот никогда не заменит не только ньютонов и галилеев, но и джонсов и смитов. Зачем затевать титаническую работу, зная наперед о ее бесполезности? Число нервных клеток у человека исчисляется числом с десятью нулями (10^{10}), что несравненно превосходит число элементов самой большой вычислительной машины. Один ученый пишет, что машина с таким количеством элементов, как и мозг, нуждалась бы для размещения в помещении, превосходящем самый огромный небоскреб. Для снабжения ее энергией нужна была бы мощь Ниагарского водопада, а для охлаждения еще один такой же водопад. Кроме того, хотя такой совершенный электронный мозг выполнит любое дело, решит любую задачу, но поставить ее никогда не сможет. Он выполнит лишь то, что задано ему человеком, — не больше.

Искусственный мозг никогда не выйдет за рамки предопределения, машина не сможет изобретать, заинтересовываться, творить. Без человека машина, даже самая совершенная, ничто, она лишь орудие в его руках. Ее «мозг» не мыслит, а лишь отражает мысли ее творца.

Но тут возникает вопрос: в какой же степени искусственный мозг совершенен? Насколько его вообще можно считать «мыслящим». Один из зарубежных создателей современных, «думающих» машин предлагает считать машину способной мыслить, «если она может при известных предписанных условиях подражать человеку в ответах на вопросы настолько хорошо, чтобы обмануть на значительный период времени человека, задающего вопросы». Если бы дело было только в формальном определении сходства! При современном уровне техники можно создать в памяти машины такой объемистый словарь и задать ей такую программу, что она смогла бы составить полный набор ответов на всевозможные вопросы.

Для того чтобы наиболее полно приблизить модель мозга и нервной системы к оригиналу, существуют гораздо более серьезные препятствия, которые четко сформулировал советский математик Ляпунов:

— Более детальное моделирование процессов, протекающих в нервной системе, требует дальнейших специальных сведений о ее работе.

К сожалению, более детально сравнивать электронно-счетные машины и нервную систему и мозг человека невозможно, ибо конструктор знает досконально все о машине, тогда как физиологи слишком мало знают о мозге и нервной системе.

Поэтому так ценны те работы физиков и биологов, радиотехников и врачей, которые проливают свет на ту или иную сторону работы мозга и нервной системы живого организма.

И. И. Мечников, замечательный русский биолог, развивал идею ортобиоза, т. е. строя и порядка жизни, основанного на науке, и в частности на гигиене, который бы обеспечивал человечеству продолжительную безболезненную жизнь, позволяющую развить и проявить все его силы и заканчивающуюся естественной, уже не страшной, а желанной смертью.

Несомненно, Мечников, Сеченов, Павлов приветствовали бы замечательные успехи, достигнутые в наши дни в этом направлении, приветствовали бы использование возможностей новой науки об управлении для развития биологии и медицины.

«Усилители» умственных способностей

Черепахи, но не живые, а механические, за последнее время стали необычайно популярны. О них много писали в журналах, их показывали в кино и по телевидению, их «повадки» служат темой научных споров и философских раздумий...

Эти электронные безделушки — прямые потомки ленинградского механического пса, сделанного безвременно скончавшимся лауреатом Государственной премии Г. И. Бабатом,

собаки с Парижской радиовыставки 1929 года, которая послушно бежала за фонарем, но лаяла и отворачивалась, если фонарь подносили к ее носу, электронного пса, предназначенного для Нью-Йоркской выставки 1939 года, но раздавленного автомобилем, привлечшим его внимание своими фарами.

Основная задача механической «черепахи» — поиск света. На свет она идет упрямо и целеустремленно, несмотря на изменения в окружающей обстановке. «Черепаха» ползает по полу и время от времени поворачивается вокруг своей оси, как бы оглядывая окружающее пространство в поисках света. Она ловко избегает препятствия, обходит ноги зрителей и уверенно отыскивает спрятанную от нее настольную лампу. От громкого голоса или хлопка она замирает, совсем как испуганное животное, притворяющееся мертвым. Все это она может делать благодаря фотоэлементу, микрофону и несложной электронной схеме, управляющей двигателем и рулевым колесом.

Особенно поражает в металлической «черепахе» то, что ее можно «дрессировать» и «обучать» почти как животное.

Если несколько раз во время обхода «черепахой» препятствия свистнуть или хлопнуть в ладоши, у нее вырабатывается особый «условный рефлекс» на звук. Теперь если свистнуть даже во время ее движения вперед, она уже не замрет, как прежде, а поступит так, как будто она натолкнулась на невидимое препятствие. «Черепаха» начнет обходить его. Все это тоже достигается при помощи электронной схемы.

Устройство такой игрушки настолько просто, что его повторили студенты Московского инженерно-физического института и многие школьники. И они не слепо подражали конструкторам знакомой нам «черепахи» — А. М. Петровскому и Р. В. Васильеву, а внесли в ее устройство и кое-что новое. Они научили двух таких «черепах» играть в футбол, и те забавно гоняют мячик и подражают многим смешным повадкам животных.

Таких моделей, иллюстрирующих поведение живых существ, за последние годы развелось удивительно много. Это и разнообразные «мыши» — мастера находить выход из самых запутанных лабиринтов, и электронные «лисы».

Много шума наделала и электронная «поэтесса» Каллиопы, которая умела сочинять поэмы, рисовать картины, составлять узоры для византийских ковров.

Так ученые создали первые «живые» механизмы, модели будущих самоорганизующихся машин.

Легко предвидеть, что механизмы, подобные «черепахе» и «лисам», но гораздо более совершенные, найдут широкое применение в технике. Это будут не только самоходные приборы для исследования дна океана или недоступных пока человеку

поверхностей планет. Если существует «черепаша», то отчего нельзя представить себе автоматической транспортной или сельскохозяйственной машины с «разумным» поведением? Или почему не могут быть созданы новые автоматические регуляторы производственных процессов, учитывающие течение процесса, приспособляющиеся к изменениям качества сырья, реагирующие на износ инструмента, т. е. все более полно облегчающие труд человека.

С помощью моделей, аналогичных «черепаше», уже создана машина-диспетчер аэропорта. Такая машина, получая от радиолокаторов сведения о самолетах, идущих на посадку, в первую очередь пропускает на посадочную площадку те из них, на борту которых находится больной или в которых подходит к концу горючее. В случае получения сигналов аварии машина-диспетчер направит самолет на запасную посадочную площадку.

По такому же принципу может работать машина-диспетчер на железной дороге. При формировании составов на узловых станциях прибор будет учитывать не только время прибытия вагонов, но и характер груза. Скоропортящиеся и срочные грузы он будет пропускать в первую очередь. Это не только улучшит использование подвижного состава и ускорит доставку важных грузов, но и упростит работу сцепщиков и диспетчера!

Да и на почте такой автомат незаменим. Ведь он может при сортировке почты принимать во внимание не только расписание всех поездов и самолетов, но и количество корреспонденции и их срочность. В памяти автомата-сортировщика будет запечатлена вся географическая карта страны, и он сможет мгновенно наметить самый прямой и самый скорый маршрут.

Теперь несколько слов о «мышях». Первая кибернетическая «мышь» была построена американским ученым К. Шенноном, и она действительно напоминала игрушечную мышь. Она должна была добираться до «сала» — куска железа, который помещался в одной из клеток лабиринта — системы длинных, запутанных коридоров. Если «мышь» пускалась в путь в поисках «добычи» в первый раз, она шла далеко не кратчайшим путем. Но, добравшись однажды до «сала», она в следующий раз устремлялась к нему по самой короткой дороге, затрачивая на это гораздо меньше времени. Создавалось впечатление, что «мышь» вспомнила дорогу.

Советские инженеры тоже построили «мышь», однако внешне она ничем не напоминает модель Шеннона.

— Осуществить такую модель было нетрудно, — рассказывал автор нашей «мыши» В. И. Иванов. — Это довольно простая комбинация реле, которые в случае необходимости остаются включенными нужное время и тем самым «запоми-

нают» определенную цель. Большим достоинством нашей модели является то, что во время ускоренного поиска ее не сбивают внешние помехи. Это пока только модель, сейчас задача состоит в том, чтобы по аналогичному принципу построить новые машины и механизмы, способные учитывать накапливаемый ими опыт и находить наилучшие решения в зависимости от условий работы.

Легко себе представить, как будет работать автомат, созданный по такому принципу, скажем автомат-библиограф. В таком автомате «сало» — это одна из ячеек, в которых хранятся библиографические карточки по определенным разделам науки, техники, искусства. Причем крупные разделы будут подразделяться на мелкие. Те в свою очередь будут разбиты на еще более мелкие, образуя как бы лабиринт для поиска. Получив запрос о требуемой литературе, автомат-библиограф, как «мышь», прощупает все разделы — ячейки своей «памяти», пока не найдет «сало», т. е. пока не нащупает требуемый раздел. Тогда он и выдаст нужные сведения. При повторных запросах он будет давать ответ много скорее, чем в первый раз.

Специалисты убеждены, что самые сложные автоматы, выполняющие различные функции, можно создать при помощи простых технических средств. Доказательством этому может служить еще одна схема, созданная советскими учеными, макет которой демонстрировался на Выставке достижений народного хозяйства.

Вспомните, как трудно дозвониться до справочного бюро вокзала. Сколько раз вы ни набираете номер, в ответ все время частые высокие гудки — занято. И это понятно: обычно десятки человек одновременно пытаются вызвать справочное бюро. Новая схема придаст автоматическим телефонным станциям способность включать вызывающих строго по очереди. Набрав нужный номер, можно будет спокойно ждать ответа. Автомат не допустит нарушения очереди.

Аналогичная схема сможет следить за равномерной загрузкой разнообразного оборудования, например лифтов в высотных домах. Лифты в них располагаются группами, в общих шахтах. Но чаще всего работает тот лифт, который расположен ближе к двери. Это приводит к неравномерному износу подъемных машин. Автомат-лифтер устранил этот недостаток.

Подобные схемы, состоящие из обычных реле и применяющиеся в самых различных областях, представляют собой самонастраивающиеся устройства, осуществляющие управление тем или иным процессом без участия человека.

Описанные модели обладают свойством одновременно учитывать много различных обстоятельств. Что же дает им возможность обучаться, использовать предыдущий опыт, прис-

посабливаться к меняющимся внешним условиям? Прежде всего память.

Подобием памяти снабжены многие автоматы. Однако ничего сверхъестественного в этом нет. Все объясняется довольно простыми физическими и химическими явлениями и процессами. Примеров технической памяти вокруг нас сколько угодно: магнитофон «запоминает» звук, книга — текст, фотография — изображение, а электрический счетчик — расход энергии.

«Память» помогает автоматам в процессе работы приобретать «навык». Кроме того, простейшие устройства, общеизвестные в технике, такие, как реле или электронные лампы, помогают им приспособляться к изменениям окружающей среды, т. е. самонастраиваться в процессе работы. Автоматы с памятью выполняют ряд чисто логических функций, осуществляют поиск наиболее правильного решения, обладают свойством запоминать это решение и анализировать свои действия. Прогресс автоматов подготовила молодая наука об управлении — кибернетика. Вот почему новые автоматы в отличие от примитивных, способных производить лишь одни и те же простейшие операции, называются кибернетическими. Кибернетические автоматы уже с успехом выполняют некоторые задачи, до последнего времени требовавшие непосредственного участия человека: управляют работой станков, технологическими процессами и даже целыми заводами и электростанциями.

Такие машины — от простейших до более сложных, электронных, — выручают человека в самых трудных случаях.

Это относится и к громоздким и трудоемким расчетам, и к работе в сложных условиях. Это относится ко всем быстротечным процессам, где человек не успевает вовремя среагировать, где он не обладает должной пропускной способностью, т. е. не в состоянии переработать достаточно быстро поступающий поток сведений.

Например, человек, управляющий современным боем, не в состоянии оценить со всей полнотой все быстромменяющиеся условия сражения: численность войск, оружия, неожиданные маневры противника — и мгновенно принять наилучшее решение. Это относится и к летчику, участвующему в схватке с вражескими самолетами. Он может просто не успеть сделать все сложные расчеты, выбрать лучший маневр при изменении тактики, скорости и направления движения вражеских самолетов. Здесь, конечно, эффективнее электронная быстродействующая машина, которая не только с колоссальной скоростью учтет все возможные положения самолетов, изменения скорости и условий боя, расход боеприпасов и горючего, но и будет автоматически управлять самолетом, разгадывая и учитывая намерения противника.

И в промышленности, как это ни парадоксально, человек иногда оказывается «узким местом». Представьте себе, что на электростанции произошла авария. Во время аварии иногда нарушается нормальная работа целых промышленных районов, гаснет свет в домах, останавливается электротранспорт. Зачастую одна авария влечет за собой другие. Даже самый опытный диспетчер нередко не способен мгновенно разобраться в обстановке и принять наилучшее решение. Для этого ему нужно определенное время, которое, конечно, зависит и от его опыта, и от имеющейся в его распоряжении аппаратуры. Электронная вычислительная машина в этом случае может за доли секунды учесть все обстоятельства аварии, рассчитать несколько вариантов ее устранения, выбрать наилучший из них и осуществить его.

Но, пожалуй, наибольшую пользу электронные быстродействующие машины могут принести в решении такой важнейшей народнохозяйственной проблемы, как планирование и учет в государственном масштабе. В планирующие организации стекаются данные со всех предприятий. Это мощный поток сведений о средствах, необходимых для различных заводов, о затратах на оборудование, на амортизацию, о необходимом количестве тех или других деталей для смежных заводов и т. п. Все это нужно своевременно учесть и так построить перспективный план, чтобы получить максимальный экономический эффект. Планированию сопутствует огромная трудоемкая статистическая и вычислительная работа, которую необходимо поручить машинам.

Нельзя, однако, забывать, что машина ограничена рамками формальной логики. Она может лишь выполнить то, что заложено в нее человеком в виде программы работы. Конечно, программы эти постепенно усложняются: в них уже теперь входят возможности выбора, сравнения, комбинирования и ряд других, позволяющих решать очень сложные задачи.

Программа может даже предусматривать автоматическую разработку новых программ и учет опыта предыдущей деятельности машины. Возможно, что в программу машины можно будет ввести и правила, выражающие отдельные простейшие диалектические закономерности, но машина никогда не сможет полностью вместить доступную человеку многогранную и безгранично развивающуюся диалектическую логику, без которой невозможно подлинное творчество.

Сказанное лучше всего иллюстрируется известным примером «творческой деятельности» электронной машины Массачусетского университета — «Мук». В машину была заложена программа, предусматривающая выбор из словаря и комбинирование в соответствии с правилами грамматики слов, подходящих для написания любовного письма. Вот образец ее машинной лирики:

«Мое маленькое сокровище! Моя вразумительная привязанность чудесно привлекает твой ласковый восторг. Ты мое любящее обожание, мое распирающее грудь обожание. Мое братское чувство с затаенным дыханием ожидает твоего дорогого нетерпения. Обожание моей любви нежно хранит твой алчный пыл.

Твой тоскующий Мук»

Это не пародия. Это результат ограниченных формальными рамками возможностей машины. Почти все выбранные машиной слова уместны в этом письме, фразы построены грамматически правильно. Но результат говорит сам за себя.

Справляющаяся с простыми логическими задачами в рамках формальной логики, непревзойденная в решении сложнейших математических проблем, сулящая новую техническую революцию и обеспечивающая новый бурный расцвет точных наук, машина все же никогда не сможет заменить человека в подлинном творчестве.

Уже очень давно человек применяет искусственные источники энергии, которые намного превосходят энергию его мускулов. Теперь в его распоряжении тысячи лошадиных сил, тогда как его собственные мышцы могут дать лишь около одной десятой лошадиной силы.

А можно ли построить машины, обладающие «умственными способностями», превосходящими в такой же мере способности мозга, механизмы, решающие задачи, непосильные для человеческого интеллекта?

Такие задачи, конечно, встречаются. А способности человеческого мозга столь же ограничены, как и сила его мышц.

Почему-то принято считать мозг весьма совершенным. Между тем он несомненно несет следы предистории человека и развивается очень медленно. Но зато он давно осознал свое несовершенство и заставил человека создать устройства, компенсирующие его недостатки. Так появились сознательно созданные человеком вычислительные и управляющие устройства, способные работать более оперативно, чем мозг, но созданные по его замыслу в помощь человеку.

Человеческий мозг создал организованное общество людей, его науку и технику. Он научил человека получать дополнительную мощность с помощью машин, которые можно рассматривать как «усилители мощности». Что же удивительного в том, что на другой, более высокой стадии развития человек поставил задачу создания «усилителя» умственных способностей? Назначение такого усилителя заключается в том, чтобы неизмеримо увеличить производительность человеческого мышления.

Нам могут возразить, что в этом случае способности машины должны превосходить способности ее конструктора. Но ведь и механики средних веков считали, что никакая машина,

приводимая в действие человеком, не может дать больше работы, чем он в нее вкладывает, что никакая машина не может усилить мощность человека. И они по-своему были правы, потому что им были известны лишь простые механизмы: рычаги, блоки, зубчатые колеса и т. п., которые могли преобразовать силу человека, но не могли дать ему дополнительной энергии.

Но покорение пара и особенно использование электрической энергии опровергли эти средневековые убеждения.

Современные электронные вычислительные машины колоссально увеличили возможности человека в области умственного труда. С их помощью решены многие задачи, ранее считавшиеся неразрешимыми в силу сложности и трудоемкости математических действий, необходимых для их решения.

На ученых произвело огромное впечатление блестящее достижение математиков молодого сибирского отделения Академии наук, расшифровавших при помощи вычислительной машины таинственные письма давно исчезнувшего народа майя.

Сотрудники московского института автоматики и телемеханики АН СССР поставили перед собой задачу обучить вычислительную машину распознаванию образов. В частности, они хотят научить машину читать, причем она должна будет справляться не только с любым печатным текстом, но и с рукописями.

Казалось, проще всего вложить в память машины образцы всех возможных написаний всех букв алфавита — и задача будет решена. Но этот прямой путь оказывается непроходимым: так велико разнообразие шрифтов и особенно почерков.

Ученые решили заставить машину вскрыть то общее, что имеется в написании каждой буквы, изобразившей различные люди. При этом они исходили из того, что любые варианты написания буквы «а» ближе друг к другу, чем к любому написанию буквы «о» или какой-либо другой буквы. Это представление о том, что различные образы одинаковых понятий ближе один к другому, чем к образам другого понятия, было названо «компактностью».

Этот путь оказался очень перспективным. В первых опытах машине, снабженной устройством для наблюдения изображений (напоминающим устройство для передачи телевидения), был показан ряд написаний нескольких букв и цифр. В машину была заложена программа, по которой она выявляла признаки, общие для каждой данной буквы и цифры. После короткого периода обучения машина безошибочно опознавала эти буквы и цифры среди большого множества различных букв и цифр, подаваемых ей без всякого порядка.

Иногда говорят, что машина может сделать все, что заложит в нее человек, но не способна открыть что-либо новое, так как программу действий в нее закладывает человек. Сто-

ронники этой точки зрения не учитывают процесса «обучения машины».

На примере распознавания образов видно, что машина не «зазубрила» всех возможных написаний. Ей была задана программа, по которой она выявляла общность в заданном многообразии образов, приготовленных для ее обучения.

Это значит, что машине можно задать как бы правила, которыми она должна руководствоваться при всевозможных и зачастую неизвестных конструктору воздействиях на нее со стороны внешней среды.

Ясно, что, не зная, каковы будут эти воздействия, конструктор не может заранее знать и того, к каким результатам придет его машина, обученная при помощи созданной им программы.

Эти примеры показывают, что уже в наши дни существуют машины, которые в известном смысле можно называть усилителями умственных способностей.

Но можно ли сказать, что машина умнее человека? Английский ученый Джон Бернал так отвечает на этот вопрос: «Без умных людей электронные машины глупы, они даже не знают, когда делают глупость. Если вы составите глупую программу, то и из машины извлечете чепуху».

И приводит забавный пример. В США был создан электронный мозг с тем, чтобы он ответил, когда будет война. Все необходимые данные были тщательно запрограммированы и введены в память машины. Ответ машины гласил: — Да. — Что, да? — удивились конструкторы и их военный шеф.

Программа была пересмотрена и снова вложена в машину. Новый ответ был еще более «исчерпывающим»: — Так точно!

Возможности электронных машин потрясают воображение... Эти машины уже способны не только решать сложнейшие и колоссально трудоемкие задачи, но и открывать закономерности, неизвестные ее творцам, как мы это видели на примере расшифровки письменности майя.

Но... Эйнштейн был прав, говоря: «Что бы ни делала машина, она будет в состоянии решить какие угодно проблемы, но никогда не сумеет поставить хотя бы одну».

Постановка задач, истинное творчество — продукт человеческого разума. Машины же помогают нам в решении этих задач и даже указывают правильный и быстрый путь их решения.

В Париже участников состоявшейся не так давно Международной технической конференции пригласили на необычный прием, устроенный редакциями двух технических журналов. У входа гостей встречал не организатор приема, как это бывает, а робот-автомат. Гость вручал ему свой приглашенный билет, и автомат громким голосом объявлял его имя и фамилию. В то же мгновение камеры телевизионных устано-

вок, нацеленные на пришедшего, передавали его изображение на нескольких экранах телевизоров в зале.

Угощали здесь тоже автоматы. Одни из них подавали бутерброды и закуски, другие — напитки. Автоматическим виночерпиям приходилось довольно трудно: ведь им нужно было менять состав коктейлей в зависимости от того, кто подходил к ним, мужчина или женщина. Однако механические официанты справлялись, говорят, со своими обязанностями недурно...

...Кибернетический прием, автоматы-кафе и автоматы-буфеты... В наш век, когда машины с фантастической быстротой производят сложнейшие, недоступные человеку вычисления, выполняют функции переводчиков и бухгалтеров, библиографов и плановиков, стенографисток и машинисток, играют в шахматы, сочиняют стихи и любовные письма и даже «пишут» музыку, стоит ли этому удивляться? Кибернетика за последние годы стала чрезвычайно разносторонней.

Это молодая наука, но развивается она очень быстро. В научно-исследовательских лабораториях бегают кибернетические животные. Ученые-биофизики создали кибернетическую модель сердца и пытаются построить простейшие модели «кибернетического мозга».

Даже некоторые зарубежные художники отдают дань моде, причисляя себя к новому направлению — «кибернетическому». А участникам конгресса по кибернетике, который происходил недавно в Бельгии, в Намюре, пришлось даже выслушать напутствие... католической церкви этой молодой науке.

Не удивительно, что под впечатлением первых достижений новой науки некоторые зарубежные писатели уже представили в своих произведениях трагическую картину будущего, которое ожидает человечество: «общество» из «мыслящих» автоматов. Собственно, человека, по их мнению, тогда не будет; наступит эра стальных людей...

Эта перспектива, говорят, напугала даже создателя кибернетики Норберта Винера.

А на конференциях ученых, встречах с писателями, журналистами, студентами один из самых горячих энтузиастов кибернетики, академик А. И. Берг, говорит:

— Связанные с производством, транспортом, энергетикой и сельским хозяйством, электронные машины ближайшего будущего обеспечат самое совершенное планирование народного хозяйства, самое совершенное управление им. Мы должны использовать замечательные достижения математики, электроники, автоматики для совершенствования кибернетики, науки об управлении процессами, происходящими в живой природе, технике, в человеческом обществе.

НАПОМИНАЕМ ПОДПИСЧИКАМ

В 1966 году издательство «Знание» продолжит выпуск подписных брошюр серии

«НАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

по 7 факультетам:

естественнонаучному,
технико-экономическому,
сельскохозяйственному,
литературы и искусства,
правовых знаний,
педагогическому,
здоровья.

Это единственные в нашей стране издания, специально предназначенные для слушателей народных университетов и построенные строго по их программам. Брошюры написаны интересно и доступно, поэтому они являются ценным пособием не только для слушателей народных университетов, но и для всех, кто стремится пополнить свои знания и занимается самообразованием.

Среди авторов брошюр ведущие советские ученые: члены-корреспонденты АН СССР С. В. Вонсовский, В. И. Сифоров, действительный член АМН Д. А. Жданов, член-корреспондент АМН А. А. Покровский, доктора и кандидаты наук И. А. Бородин, В. И. Гуляев, М. Х. Карапетянц, Ф. С. Карзинкин, А. И. Китайгородский, А. Ф. Плате, Э. И. Федин и другие, а также писатели, журналисты, педагоги, общественные и политические деятели.

В 1966 году наряду с обычными брошюрами в 3—5 п. л. будут выходить книги объемом 10—15 п. л. Это пособия, написанные по программе определенного факультета и рассчитанные на то, чтобы дать читателю законченный цикл знаний. Общий объем по каждому факультету 60 печатных листов в год.

Подписаться можно — на каждый факультет отдельно или на несколько вместе — без всяких ограничений в отделениях связи, почтамтах, а также у общественных распространителей печати.

Подписная цена на один факультет:

на 3 месяца	— 45 коп.
на 6 месяцев	— 90 коп.
на 12 месяцев	— 1 руб. 80 коп.

Индексы факультетов в каталоге «Союзпечати» на 1966 год 70057—70063.