

The background is a vibrant red color, decorated with several thin, black, curved lines that sweep across the page from the top left towards the bottom right, creating a sense of motion and depth.

*Л. Косса*

Кибернетика

**И \* Л**  
*Издательство*  
*а н о с т р а н н о й*  
*литературы*

**\***

PAUL COSSA

LA CYBERNÉTIQUE

«Du cerveaux humain aux serveaux artificiels»  
deuxième édition revue et corrigée

PARIS, 1957

П. КОССА

# КИБЕРНЕТИКА

«ОТ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО МОЗГА  
К МОЗГУ ИСКУССТВЕННОМУ»

*Перевод со второго французского издания  
под общей редакцией и с предисловием  
действительного члена АМН СССР  
доктора медицинских наук профессора  
П. К. АНОХИНА*

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
*Москва, 1958*



## АННОТАЦИЯ

Книга французского ученого Поля Косса «Кибернетика» — одно из лучших в западноевропейской научно-популярной литературе изложений новой области науки — кибернетики.

Автор книги Поль Косса — бывший директор клиники Медицинского факультета в Париже, заведующий отделом неврологии госпиталей в Ницце — известен как невролог — теоретик и практик.

В книге в доступной для неспециалистов форме рассматривается в первую очередь биологическая, психофизиологическая сторона кибернетики.

Автор сжато излагает историю возникновения кибернетики, уделяет особое внимание роли обратной связи в организме, рассматривает автоматы, моделирующие поведение животных, проблемы передачи информации в организме и т. д. Автор описывает принципы взаимной информации и работы соответствующих центров.

Много места в книге уделено критике различных неправильных взглядов о работе так называемого «искусственного мозга» и сравнению его с мозгом человека.

В последних двух главах «Когда машина пожирает своего творца» и «От машины к уму... или от ума к машине?» Косса, защищая «примат Разума», рассматривает гносеологические проблемы кибернетики, а также социально-экономические последствия развития этой науки.

**Редакция литературы по философии и психологии**

*Заведующий редакцией кандидат философских наук*

**В. А. МАЛИНИН**

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая вниманию советского читателя книга посвящена изложению основных проблем кибернетики. Кибернетика как новая область науки уже при своем возникновении тесными узами связала свою судьбу с физиологией, изучающей функционирование живого организма.

Важно было выяснить, в какой мере и до какой степени живой организм и саморегулирующиеся машины, до самых сложных счетных машин включительно, могут быть сопоставлены в основных своих функциональных проявлениях.

С самого начала бросается в глаза одно замечательное обстоятельство. В то время как электроника, механика и вообще техника машиностроения весьма широко использует это новое направление научной мысли (теория коммуникаций, обратной связи, информации и т. д.), физиология еще очень медленно устанавливает конкретные взаимоотношения с кибернетикой.

До сих пор еще трудно ответить на вопросы: обогатила ли кибернетика физиологическую мысль? Усовершенствовала ли она методы исследования физиологии и к постановке каких новых вопросов она привела?

А что приобрела кибернетика от связи с физиологией? Какие особенности функционирования организма оказались новыми для кибернетики и на какие новые исследования физиология натолкнула ее?

К сожалению, научного ответа на эти вопросы в настоящее время нет. Все еще подыскиваются более или менее подходящие аналогии в функциях организма и в работе машин. Особенно распространенным оказалось моделирование различных функций организма

с помощью всевозможных электротехнических приспособлений (Уолтер, Эшби и др.). Однако мы не можем указать на какое-либо серьезное изменение физиологических представлений в связи с развитием кибернетики как научного направления.

Среди физиологов по этому поводу имеются весьма противоречивые мнения. В то время как одни из них приветствуют кибернетику и предрекают ей большое будущее, другие, напротив, полны скепсиса и недоверия в отношении какого-либо прогрессивного влияния ее на рост физиологических исследований.

Так, например, Фессар, Гершуни и др. считают, что отдельные принципы кибернетики могут быть с пользой применимы к изучению проблем физиологии, особенно это касается теории информации (Фессар, 1954; Гершуни, 1957). Фултон же весьма резко отвергает предположение о том, что кибернетика может оказать помощь физиологическому исследованию. Он пишет:

«Кибернетика ничего не разъясняет, не дает никаких новых концепций и вызвала среди физиологов лишь замешательство... Нейрофизиология была запутана этим неудачным термином, и едва ли можно сомневаться в том, что ее прогресс будет зависеть от устранения этого термина...» (Фултон, 1953).

Если и невозможно согласиться с этим высказыванием, то все же нельзя не отметить, что физиология в самом деле мало сделала, чтобы приблизиться к тем обобщениям, которые так смело делает кибернетика.

Понятно поэтому появление как легковесных заявлений и обещаний сконструировать «думающую машину», так и полного отрицания какой-либо значимости кибернетики для физиологии, как это мы видели в высказывании Фултона.

В свете этих противоречивых мнений становится особенно понятным значение таких книг, какой является книга проф. Поля Косса «Кибернетика».

Ее автор — известный французский психиатр, специально занимающийся изучением возможностей приложения кибернетических принципов к исследованию мозга. Он ознакомился как с биологической, так и с математической сторонами проблемы и особенно подробно рассмотрел проблему аналогий и проблему моделирования. Все сказанное делает особенно ценной ту

осторожность, которую проявляет П. Косса по отношению к далеко идущим притязаниям со стороны авторов всевозможных моделей живых существ.

С особенным интересом читаются те главы, в которых П. Косса убедительными аргументами показывает логические ошибки сторонников чрезмерных и неоправданных экстраполяций.

На протяжении всей книги автор разбирает ряд примеров моделирования и показывает границу возможностей «живой модели».

Особое внимание он уделит «обратной связи», разновидностям этих связей в различных механизмах и в различных функциональных проявлениях организма.

Словом, книга П. Косса относится к тем произведениям в области пограничных проблем науки, в которых авторы не поддаются соблазну легковесных обещаний и прогнозов.

Вместе с тем следует отметить, что при анализе основных принципов кибернетики П. Косса далеко не использовал тех возможностей, которые предоставляет для этого современная физиология. Как и большинство зарубежных авторов, он совершенно не затронул вопроса о тех объективных законах природы, которые делают неизбежным наличие общих черт у таких различных классов, как машина, организм, общество.

Между тем, только раскрыв эти объективные законы, можно определить место каждой частной проблемы в системе наук.

К числу таких всеобщих законов во всех случаях саморегулирующихся приспособлений можно отнести *полезность конечного эффекта*. Только от него и ради него могут циркулировать всевозможные «информации», и только степень полезности приспособительного эффекта данного действия может служить инициативным стимулом для реорганизации всех аппаратов и приспособлений, определяющих конечный полезный эффект. С тех пор, как на земном шаре зародилась жизнь, полезность конечного эффекта стала важнейшим фактором жизни, в том числе и действий человека — первобытного и цивилизованного.

Именно получение и «подгонка» полезного эффекта; как в живом организме, так и во всех творениях рук

человеческих, потребовали появления обратной связи в машинах и обратной афферентации у организмов.

Недостаточное внимание к этому решающему моменту в проявлении приспособительных действий может повести, да и ведет в ряде случаев, к потере общей архитектуры саморегулирующихся систем.

В самом деле, что такое *саморегуляция* в широком смысле слова? Это такая система взаимодействий, при которой *само отклонение функций от нормы служит стимулом к возвращению нормы*.

Совершенно очевидно, что такая система может быть полезной организму только в том случае, если имеется какой-то устойчивый полезный эффект, ради которого и происходит всякая реорганизация системы. Больше того, эта реорганизация должна начаться с отклонений указанного полезного эффекта.

Именно в этом состоит концепция функциональной системы, разработанная задолго до появления кибернетики.

Если эта важная закономерность не принимается во внимание при анализе саморегулирующихся систем, неизбежно возникают ошибки в оценке всего сложного процесса как приспособления организма, так и действия саморегулирующихся машин.

В условном рефлексе эти требования конечного полезного эффекта полностью соблюдены, поскольку подкрепление его, например, пищей представляет собой *обратную афферентацию*, целиком соответствующую качеству тех возбуждений, которые были вызваны к жизни условным раздражителем. Следовательно, здесь мы имеем «замкнутый контур», все части которого соподчинены конечному полезному эффекту.

К сожалению, П. Косса не выявляет своего отношения к этому важному узловому вопросу. Это мешает ему дать правильный анализ им же самим приведенных фактов.

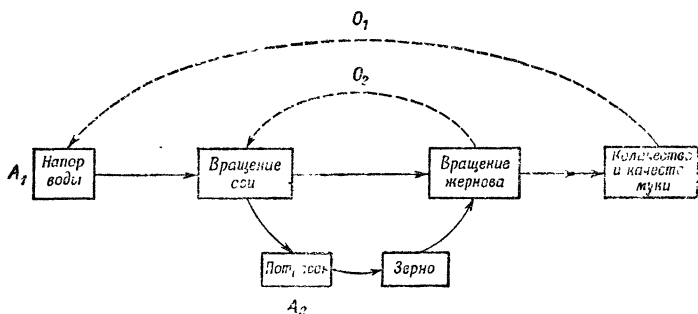
Возьмем, например, оценку роли потряска в мельничном деле. П. Косса без всяких оговорок относит его к историческим предшественникам *обратной* связи (стр. 37). Но выполняет ли на самом деле потрясок эту роль?

Чем представлен *конечный полезный эффект* во всем мельничном процессе? Очевидно, количеством и каче-

ством муки. Именно этот эффект составляет конечную цель всей мельничной конструкции, начиная от плотины и ее заградительных щитов и кончая регулицией подсыпки зерна.

Постараемся построить всю цепь постепенно развивающихся звеньев в этом процессе (см. рисунок).

Если бы вся эта конструкция работала по типу саморегулирующихся машин с обратной связью, то «регулируемый объект», или конечный полезный эффект — количество и качество муки, — должен был бы сам через обратную связь  $O_1$  влиять на исходный энергетический фактор, то есть на напор воды (пунктирная линия)



Вполне можно представить себе, что количество муки, как и ее качество, с помощью специальных чувствительных устройств могут быть улавливаемы на конечном этапе. Затем в зависимости от настройки этих чувствительных устройств могут быть изменены энергетические условия, заводящие всю цепь процессов.

Все это в конечном счете определяло бы нужную степень размола зерен и качество муки. В этом случае мы имели бы типичный «замкнутый контур» с обратной связью.

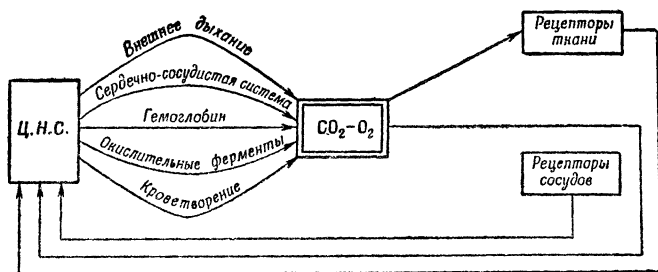
В действительности всего этого нет; качество муки является здесь пассивным результатом другой и побочной регулирующей системы — потряска.

Однако мы и здесь не видим «замкнутого контура» с обратной связью. Если бы в этом маленьком, так сказать, этапном звене существовала обратная связь, то она могла бы существовать только от вращения жерно-

ва к вращению оси (вторая пунктирная линия  $O_2$ ). Но в действительности и этой связи нет, ибо скорость вращения жернова не зависит от подброски зерна, которая лишь улучшает условия трения жернова друг о друга.

Таким образом, в этом излюбленном кибернетиками примере мы также не имеем саморегулирующейся системы с обратной связью. Мы имеем здесь *параллельную* линию связанных процессов ( $A_1$  и  $A_2$ ), которые благодаря *предварительной настройке* дают в конечном звене нужный полезный эффект.

Насколько важно оценку саморегулирующихся систем вести от конечного полезного эффекта, можно видеть на примере типичной функциональной системы организма, которая обеспечивает постоянный уровень окислительных процессов — по функции газообмена.



В клинических и экспериментальных условиях подробнейшим образом проанализированы физиологические результаты удаления одного легкого. Именно в подобных случаях, то есть при компенсации дефектов, функции саморегулирующейся системы организма проявляют себя особенно отчетливо. Вся совокупность саморегуляторных приспособлений при поддержании конечного полезного эффекта для организма легко может быть выражена в вышеприводимой принципиальной схеме. Она является типичной абсолютно для всех функциональных систем циклического типа и может служить своего рода эталоном для расшифровки также и более сложных функциональных систем, например тех, на основе которых строятся акты поведения.

В этой типовой схеме центральным пунктом является конечный полезный эффект — отношение  $\text{CO}_2\text{—O}_2$ . Малейшие изменения этого отношения немедленно ведут к включению одного из многочисленных механизмов, которые немедленно выравнивают нарушение этой важной для организма константы. По такому типу построены также саморегулирующие системы, поддерживающие осмотическое давление крови, постоянный уровень сахара в крови и т. д.

Анализ функции потряска, который был сделан П. Косса, значительно отступает от приведенной нами универсальной архитектуры функциональных систем с саморегуляцией. Это влечет за собой важные последствия.

В этой связи уместно рассмотреть пример с саморегуляцией акта стояния, который приводит П. Косса на стр. 47.

Как можно судить по рис. 6, вся система саморегуляции акта стояния у П. Косса начинается с проприоцепторов и кончается проприоцепторами. Это — явная переоценка роли проприоцепторов, и, к сожалению, П. Косса в этом не одинок.

Между тем вопрос о составе этой саморегулирующейся системы был бы очень легко решен, если бы за исходный пункт анализа была взята изображенная на рис. 7 схема.

В самом деле, исходя из типовой схемы любой саморегулирующейся системы, мы должны прежде всего поставить два вопроса: 1) какой конечный полезный эффект имеет данная функциональная система и 2) каков состав той обратной афферентации, которая информирует нервную систему о достижении полезного эффекта? Эти два вопроса, на наш взгляд, являются ключом к раскрытию любой сложной саморегулирующейся системы.

Применительно к акту стояния мы должны соответственно ответить на эти вопросы: конечным полезным эффектом является удержание вертикального положения, а обратной афферентацией, информирующей о достижении этого полезного эффекта, являются зрительная и лабиринтная афферентации, особенно последняя. Проприоцептивная же афферентация играет также немаловажную роль — она стабилизирует достигнутый



полезный эффект, делает его устойчивым. Однако *проприоцепторы по самой своей сути не могут дать полноценную и конечную обратную афферентацию о достижении адекватного полезного эффекта.*

Так, например, с помощью проприоцепторов мы никогда не сможем оценить *результаты* движения руки при взятии какого-либо предмета, но они помогают достижению этого эффекта, создавая наиболее экономный тип направленного движения. Проприоцепторы по самой своей сути не могут информировать мозг о том, взят ли в руку нож или вилка или какой предмет взят с полки, хотя биомеханика самого движения организуется под значительным контролем проприоцепторов.

Никакая саморегулирующаяся система, если только она заканчивается полезным эффектом для организма, не может быть построена только на проприоцептивной информации. В этом смысле пример П. Косса не является удачным и опять-таки благодаря отсутствию систематизированного физиологического представления о функциях целого организма.

\* \* \*

Во всех попытках сопоставления функций живого организма с работой саморегулирующихся механизмов большую роль играет проблема «программирования». Серьезное внимание ей уделил и П. Косса. Он совершенно справедливо замечает, что всякие антропоморфические выражения, вроде «думающая машина», «память» или другие подобные этим, запутывают вопрос. Сама программа действия для машины, требующая часто сложных и длительных вычислений и реализуемая в том или ином виде карт или лент, является наилучшим доказательством *механических способностей машины.*

Эти способности по скорости и объему операций могут быть потрясающими и экономят работу тысяч людей. Однако характер работы, как бы ни была сложна машина, *предопределен* конструкцией машины, мыслью человека.

В человеческой деятельности более широкого плана эти черты программирования выступают еще более отчетливо. Так, например, тот эффект, что молоток заби-

вает гвоздь, а штопор вытягивает пробку, целиком зависит от той «программы», которая предписана им человеком и которая материально реализована в соответствующей форме и конструкции этих орудий. Тот факт, что машины в самых сложных их конструкциях превратились в саморегулирующиеся механизмы с обратной оценкой результатов действия, то есть конечного полезного эффекта, является отражением той закономерности, согласно которой развивались все целесообразные приспособительные действия самого человека в отношении внешнего мира.

Таким образом, давая общую характеристику программирования работы машины, мы могли бы сказать, что программа — это *предопределенный и более или менее жесткий путь к получению желаемого полезного эффекта*. В одном случае этот путь может быть очень длинным и сложным, а в другом он простой и короткий. Можем ли мы здесь найти хотя бы отдаленную аналогию с функциями человеческого организма?

П. Косса несколько нечетко ставит этот вопрос, и его можно понять так, что здесь лежит непроходимая пропасть. Но этого нет на самом деле.

Противопоставляя действия человека действиям даже самых сложных машин, П. Косса все время указывает на «большую гибкость», изменчивость и, так сказать, «произвольность» в действиях человека. В *общих чертах* это, конечно, верно. Однако одного указания на это недостаточно. Попытаемся выразить в тезисах некоторые специфические черты организации нервной деятельности человека.

1. Программа действия любой, даже самой сложной машины предопределена еще до постройки самой машины. Она не может складываться *ex tempore* в зависимости от того, как сложились в данный момент окружающие условия. Машина не может учитывать окружающие условия и на основе их строить свою программу действия.

2. У животного и человека «программирование» действий есть всегда *следствие динамического синтеза* внутренних и внешних факторов. Только после этого афферентного синтеза формулируется *намерение* к совершению того или иного, но вполне определенного действия. Количество этих синтезов, как и комбинаций

внешних условий, беспредельно, и потому возможности программирования поступков человека столь же беспредельны.

3. Для человека вопрос «Что делать?» является динамически изменчивой функцией, зависящей от совокупности внешних и внутренних афферентаций, имеющих в данный момент. Для машины этого вопроса не существует. Ее действия предопределены и рассчитаны при конструировании. Говоря образно, если бы машины были наделены способностью афферентного синтеза и осуществляли свои действия в зависимости от этого синтеза, то машина, изготовляющая консервные банки, будучи поставлена в цех обувной фабрики, должна была бы начать выпускать полуботинки...

Если мы добавим к сказанному, что одна и та же машина может принимать участие во многих тысячах отдельных действий (на эффекторном конце), то едва ли правильно считать, что здесь вопрос только в количестве комбинаций. Вернее сказать, что для осуществления столь динамических и разнообразных функций, какие присущи человеческому организму, необходима другая и конструктивная и материальная основа — *нужна была бы живая материя с ее беспредельной молекулярной изменчивостью*. А это значит, что различие является несомненно качественным!

4. Все описанные выше особенности формирования поведения у животных и человека не являются единственными. Все они осуществляются в плоскости *настоящего*. Замечательной особенностью мозга животных и человека является предвосхищение будущих событий и формирование поведения в связи и по поводу тех событий, которые могут наступить в будущем.

Трудно представить себе машину, которая внезапно изменила бы свою конструкцию и начала действовать, как говорил И. П. Павлов, «предупредительно» по поводу каких-то новых и еще предстоящих, то есть будущих, событий.

Физиологические особенности условного рефлекса как предупредительного, сигнального действия и состоят прежде всего в том, что происходит синтетическая работа всех афферентных отделов коры головного мозга, и в особенности лобных отделов. Эта синтетическая работа непременно завершается формированием поведения в

точном соответствии с совокупностью афферентных воздействий на организм. Этому не могут соответствовать никакие механические ассоциации.

Здесь можно еще раз указать на две исключительно важные черты в формировании поведения животных и человека, возможности моделирования которых трудно представить в настоящее время.

Первая черта состоит в том, что афферентная сигнализация животным и человеком воспринимается не пассивно, наподобие *tabula rasa*, на которой внешний мир пишет свои узоры. Животные и человек *активно* собирают те афферентные сигналы, на основе которых в последующем совершится процесс афферентного синтеза. Они активно направляют свои рецепторные поверхности в сторону различных факторов внешнего мира, перебирая и обследуя их в течение определенного времени. Как известно, этому служит ориентировочно-исследовательская реакция, названная И. П. Павловым «рефлекс: Что такое?»

Мы знаем теперь благодаря целому ряду нейрофизиологических исследований, что при активном подборе афферентных сигнализаций внешнего мира благодаря вмешательству ретикулярной формации ствола головного мозга происходит значительное повышение возбудимости соответствующих рецепторных аппаратов на периферии (Granat, Dell, Сняхин и др.). Таким образом, афферентный синтез, всегда предшествующий формированию конкретного действия, является весьма динамичным и активным процессом, и не случайно, что в обратной форме он был назван «творческим» процессом (И. П. Павлов).

Трудно представить себе такую машину, которая бы «обнюхивала» и «осматривала» механика или рабочего и на основе этой информации решала, какой продукт ей произвести в данный момент...

Таким образом, несмотря на то, что и машина и животное *функционируют в пределах одной и той же циклической функциональной системы с обратными влияниями*, их приспособительная деятельность принципиально отлична друг от друга.

Вторая черта приспособительной деятельности, которую необходимо здесь отметить, — это особенность того

или иного действия «программирования» в центральной нервной системе.

Как уже говорилось выше, вопрос о том, «Что делать?», решается сразу же после стадии афферентного синтеза.

Но раньше, чем сформируется соответствующее действие, создается особый афферентный аппарат, являющийся следствием афферентного синтеза. Этот аппарат, названный нами акцептором действия, производит завершающее сопоставление того, что было предпринято, с тем, что выполнено.

Несовпадение этих двух моментов является стимулом для производства новых и новых действий, пока какое-то из них не удовлетворит основным афферентным качествам акцептора действия.

Мы можем, таким образом, сказать, что «программирование» какого-либо действия у животного одновременно включает в себя и образование аппарата проверки успешности выполнения намеченной программы.

Афферентный синтез и формирование «программы» действия, а также проверка успешности ее выполнения у животных и человека являются динамическими, всегда приспособленными к соответствующей внешней и внутренней ситуации. Отсюда ясна невозможность даже в отдаленной форме моделировать «робот», который сумел бы формулировать «программу».

Машина начинает свою деятельность всегда с формирования действия, то есть с осуществления программы, и *никогда с афферентного синтеза. Эту первую стадию всегда выполняет сам человек.*

Таким образом, мы видим, что приспособительное поведение животного включает в себя как единую функциональную систему то, что поделено между человеком и машиной в случае машин с автоматической регуляцией.

В настоящее время неизвестны машины, которые, формулируя программу действия, одновременно формировали бы и аппарат *проверки* будущего действия.



Нам осталось сказать еще несколько слов о «памяти» как о свойстве сложных счетных машин. Можно согла-

ситься с П. Косса, что употребление этого термина для обозначения функций машин скорее запутывает, чем помогает решению важнейших проблем. Такой антропоморфизм методологически несостоятелен.

Память предполагает различие общего плана и частных специфических особенностей различных запоминаний.

Говоря о том, что какой-то процесс «оставил след», мы объединяем огромную группу явлений органического и неорганического мира. Сюда должны быть включены все те феномены, при которых какое-то действие, происходящее в настоящем, запечатлело себя в какой-то материальной форме и стало «следом» прошедшего. При таком подходе «следом» будет и черта на камне, и порез ножом на дереве, и отпечаток на глине, и какой-то остаточный процесс в мозговых клетках после уже происшедшей деятельности мозга. Не случайно, что для обозначения некоторых нервных процессов принят был термин «след» (как, например, «следовой рефлекс»).

Все это, однако, не может отменить того факта, что здесь проявляются совершенно различные закономерности и специфические материальные процессы.

В самом деле, что может быть тождественного, скажем, в процессах ферромагнитной записи и в процессах молекулярных перестроек, являющихся основой памяти?

Замечания П. Косса о материальном субстрате памяти не могут быть поэтому обойдены молчанием. Он считает, что наиболее вероятной объективной возможностью для процессов памяти в нервной системе был бы процесс статической поляризации в нервных элементах, подобно тому как это указано (см. стр. 86) для физического «запоминания» в счетных машинах.

В какой степени вероятно, чтобы именно поляризация стала одним из возможных субстратов памяти? Что такое статическая поляризация нервных элементов?

Это *исходное* электрическое состояние нервных элементов, поддерживаемое активными метаболическими процессами протоплазмы на поверхности оболочки (мембраны).

Всякий процесс *распространяющегося* возбуждения неизменно связан с *нарушением* этой исходной поляризации и переходом нервного элемента в состояние деполяризации.

Из сказанного следует, что процесс статической поляризации, ежесекундно нарушаемый волнами приходящих возбуждений, не может быть хранителем каких-то прошлых возбуждений. Данная нервная клетка, приняв активное участие в данной нервной деятельности и, следовательно, претерпев состояние деполяризации, *может после этого принять участие в других деятельности*, то есть опять и много раз перейти из состояния поляризации в состояние деполяризации и обратно.

Таким образом, в свете современных представлений о природе возбуждения и отношения его к явлениям поляризации нервных элементов мы не можем принять гипотезу, что эти процессы могут быть выразителем памяти.

Запоминание как процесс нервной системы является гораздо более сложным феноменом, чем элементарный процесс деполяризации.

Прежде всего запоминание — это системный процесс. Запоминаться может только разветвленная система соотношений, соответствующая запоминаемому впечатлению, то есть системе возбуждений, связанной с ним. Значительность этого процесса состоит в том, что такие «следы» не теряют своего системного, то есть организованного, характера в течение даже десятков лет, несмотря на то, что те же самые нервные клетки принимали активное участие в тысячах других реакций и впечатлений человека!

На каком энергетическом фундаменте поддерживается монолитность этой запоминаемой системы возбуждений?

Эти вопросы открывают перед нами перспективы еще не начатых исследований. Последние работы Иошин и Гасто (1956 год) дают указание на то, что это запоминание не обходится без активирующего действия ретикулярной формации ствола мозга. Однако это всего лишь только самые начальные намеки на решение проблемы памяти.

\* \* \*

Книга П. Косса написана живо, местами блестяще, хотя автор иногда и переходит на «домашнюю» дискуссию с Куфиньялем, корни которой читателю не известны.

П. Косса оставляет в стороне одну важную особенность всякого сопоставления кибернетики с какой-либо

областью знания. При таком сопоставлении *непрерывно должны быть использованы самые последние и самые достоверные достижения данной научной области.*

Эту мысль очень хорошо выразил один из крупнейших советских физиков, работающих в области кибернетики, — проф. А. А. Ляпунов, писавший, что «более детальное моделирование процессов, протекающих в нервной системе, требует дальнейших специальных сведений о ее работе».

В конце книги, обсуждая невозможность создания «думающей машины», П. Косса говорит о «примате Разума». Особенно четко это выражено в послесловии. Между тем «примат Разума» не может быть независимым, не связанным причинными связями с теми внешними воздействиями, которые исторически создали этот разум.

Только в этом смысле, то есть представляя собой сгусток исторических превращений и усовершенствований и обогащенный индивидуальным опытом, разум социального человека стал способным, как мы видели, на такую деятельность, какую не могут выполнить машины, как бы они ни были сложны.

Идеалистическое представление о «примате Разума» ненаучно. Первична материя; дух, сознание вторичны.

Можно надеяться, что книга П. Косса будет прочитана советским читателем с большим интересом. Он даст объективную оценку всем тем положениям и критическим высказываниям, которыми она богата.

*П. Анохин.*



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

«Арифметическая машина 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 животные».

*Паскаль (195/252 и 201/340).*

## *ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА К О ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ*

Слово кибернетика вызывает у широкой публики представление о конструировании автоматов, способных воспроизводить некоторые черты поведения животных. Если следовать Платону или Литтрэ, это — искусство управления кораблями или народами. Для конструктора машин это (о чем свидетельствует даже подзаголовок книги Винера) — наука информационной техники, передачи и реагирующей команды. На взгляд некоторых нейрофизиологов, это прежде всего — сравнение между структурой некоторых частей нервной системы и структурой некоторых машин. Экономист видит в кибернетике применение некоторых законов биологии к экономическим фактам. Наконец, для социолога это — ожидание потрясений, которые не преминет навлечь на человеческое общество распространение самоуправляемых машин.

Фактически же кибернетика является всем этим; но это еще и другое, поскольку те, кто занимается кибернетикой — будь они математиками, нейрофизиологами, физиками, экономистами или социологами, — почти все перешли из их собственной области в область философии науки.

Происхождение кибернетического движения (ибо кибернетика не есть в точности ни наука, ни дисциплина, но — движение идей) объясняет этот протеизм: поскольку каждый чувствовал, что ему тесно в рамках своей соответствующей дисциплины, группа американских ученых предприняла сопоставление различных дисциплин; один

из них (Винер) получил задание наладить в техническом отношении противоздушную оборону. При этих изысканиях он столкнулся с проблемами, имеющими отношение к улавливанию и передаче сенсорных сообщений, а также к реакции живого организма на эти сообщения. Он поделился этим с одним нейрофизиологом (Розенблютом), и такое совместное изучение оказалось столь плодотворным, что в дальнейшем оно продолжалось во многих областях.

С 1944 года первоначально небольшая группа ученых пополнилась новыми участниками; из США движение проникло в другие страны; на трех конгрессах уже собирались кибернетики всего мира; в настоящее время движение это является в высшей степени активным.

Но естественно, что, даже став кибернетиком, нейрофизиолог остается в своих сочинениях нейрофизиологом, физик — физиком и социолог — социологом. Понятно теперь, что представление о кибернетике, которое получает читатель, меняется, смотря по тому, читает ли он произведения кибернетика-инженера или кибернетика-нейролога. Картина деформируется еще больше, если читатель (и это бывает всего чаще) не обращается к подлинным текстам, но довольствуется одной из многочисленных популярных книг, которые вышли в свет. Некоторые из этих книг превосходны, но большая их часть настаивает (и это понятно) на самых зрелищных аспектах движения: робот, робот-король, робот, превосходящий и покоряющий человека, и т. д.; большая их часть также допускает без обсуждения (когда они не преувеличивают) высказанные некоторыми кибернетиками метафизические экстраполяции, которые, однако, образуют наиболее спорную часть их трудов.

\* \* \*

Прием, оказанный нашей маленькой книге публикой и научной прессой, показал, что необходимость в критической работе назрела.

В это новое издание внесены некоторые добавления и изменения. Почти все они были внушены дружеской критикой Ф. Г. Раймонда. Выражаем ему здесь самую живую признательность.

П К.

РОЖДЕНИЕ И ДЕТСТВО  
ОДНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Известно остроумное высказывание Бернарда Шоу о специалисте: «Человек, который познает все лучше и лучше все более и более узкую область, так что в конце концов он знает все... о ничем». Многие исследователи, после того как развитие наук заставило их специализироваться, болезненно ощутили это прогрессирующее сужение своего кругозора. Они попытались найти выход, сопоставляя свои методы и свои результаты с методами и результатами ученых из других областей.

Таким-то образом в Бостоне, приблизительно в 1938 году, собиралась каждый месяц группа людей для обсуждения какой-нибудь научной темы. Именно в этой группе математик Норберт Винер, тогда профессор Массачусетского технологического института, впервые повстречался с учеником Кенона — физиологом Артуро Розенблютом, тогда профессором Гарвардского университета<sup>1</sup>.

Во время войны американское правительство поручило Н. Винеру и Дж. Биглоу изучить возможность механически регулировать стрельбу орудий противовоздушной обороны. Для этого следовало рассмотреть машину, способную не только засекаать перехватываемый самолет, но и предвидеть наиболее вероятный путь, каким тот должен следовать, то есть предвидеть реакции, обманные движения, стратегию пилота. Требовалось, чтобы эта машина была точно *информирована* в любой момент о курсе самолета; требовалось, чтобы она была способна *реагировать* на эти изменения немедленно. Среди этих про-

<sup>1</sup> Интересно отметить, что в 1942 году в Париже, по инициативе физиолога Л. Лапика, на беседы аналогичного характера собирались видные ученые, среди которых был математик Л. Куфиньяль.

блем проблемы, касавшиеся информации, или передачи сообщений (*communication* в английской литературе), не явились неожиданностью для Винера, весьма сведущего в вопросах телекоммуникации; другие проблемы, имевшие отношение к реагирующей команде (*control*), напомнили ему один специальный класс машин — самоуправляемых машин, или сервомеханизмов. Винер поинтересовался, не встречались ли нейрофизиологи с аналогичными проблемами. В 1942 году он поведал об этом своему другу Розенблюту. Вскоре «группа ученых, образовавшаяся вокруг них, осознала существенное единство проблем для машины и для живого существа, имеющих отношение к информации, контролю и статистической механике»<sup>1</sup>. В 1943 году новая теория была изложена Розенблютом, Винером и Биглоу в журнальной статье<sup>2</sup>, но только летом 1947 года Винер дал ей имя «кибернетика»<sup>3</sup>. В следующем году в Париже появилась существенно важная книга Винера, которая, несмотря на ее чрезмерно математический аппарат, распространилась с огромным успехом<sup>4</sup>.

С тех пор кибернетическое движение, вехами которого явились конгрессы в Принстоне, Бристоле и Париже, получило значительное развитие во всем мире<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Н. Винер.

<sup>2</sup> Rosenblueth, Wiener и Bigelow, *Behaviour, Purpose and Teleology*, в журнале «*Philosophy of Science*».

<sup>3</sup> Винер выбрал этот термин из почтения к Максвеллу, который первый в 1868 году в научной статье о машине для управления кораблями определил механизмы с обратной связью. Забавно отметить, что, делая это, Винер полагал, что придумал новое слово, полученное от греческого существительного *κυβερνήτης* — кормчий. В действительности слово *κυβερνήτης* — *ἡ-ῶν*, хотя его нет (по-видимому) в словарях, употребляемых в англосаксонских странах, существует у Платона («Горгий») как прилагательное (буквально: относящийся к кормчему) и как существительное [в собственном смысле: искусство кормчего, вождение корабля и в переносном смысле: искусство управления людьми (греко-французский словарь Bailly)]. Может быть, еще забавнее отметить, что это слово имеет право гражданства во Франции. В самом деле, его так определил Литтрэ: «Имя, данное Ампером тому отделу политики, который занимается способами управления».

<sup>4</sup> Wiener, *Cybernetics or Control and communication in the animal and the machine*, Herman, éd. 1949; его же *Cybernétique et Société*, éd. des Deux-Rives, 1952.

<sup>5</sup> Одним из первых «зачинателей» движения был американский нейрофизиолог Уоррен Мак-Каллок вместе со своим сотрудником

Полезно подчеркнуть в начале этой работы: кибернетическое движение относится к тому очень старому направлению (оно восходит к Декарту, если не к Ламетри!), которое пробует прилагать к изучению человеческого поведения те же методы и формулировки, которые употребляются в математической физике. За по-

---

математиком Вальтером Питтсом. В 1944 году Нейман, создатель теории игр, созвал вместе с Винером в Принстоне первый конгресс, в ходе которого вошли в эту группу нейрофизиолог Лоренто де Но и Гольдштейн — конструктор вычислительных машин. В 1949 году Мак-Каллок и Питтс изложили свой проект аппарата, позволяющего слепым читать, который, как говорят, был поддержан гистологом Бонином. Между тем в Англии «нейрофизик» и электроэнцефалографист Грей Уолтер старался воспроизвести некоторые черты поведения животных посредством своей серии электронных черепах; больше того, психиатр и математик Эшби, конструируя свой «гомеостат», стремился реализовать что то вроде синтетического мозга; он возмущает о гораздо более удивительном изобретении — «DAMS» [dispensive-and-multistable system]. Конгресс в Бристоле освятил это участие англичан. Во Франции движение получило известность сначала благодаря статье о. Дюбарля (1948), затем серии исследований Гасто (1949), Шошара, о. Дюбарля, Т. Гильбо (а), исследованию Косса (1950), исследованиям Дюбуло и Кориоля и Л. Гужеро (1951).

В 1948 году рентгенолог из Сен-Шамона, д-р Ж. Мальвуазен, изучал возможность реализации одного электрического устройства, способного «распознавать» некоторые формы, и другого — способного переводить графические знаки в звуковые сигналы. В 1950 году конгресс собрал в Париже кибернетиков всего мира, в том числе Винера, Мак-Каллока, Эшби и Грей Уолтера; на имевшей место выставке сравнивались чистые автоматы (такие, как шахматный игрок Торреса-Кеведо) и «синтетические животные». В 1951—1952 годах цикл лекций в Париже собирал массу слушателей. В 1952 году появилась книга Л. Куфиньяля под несколько неправомерным заглавием: «Думающие машины» (б). В 1953 году Луи де Бройль (в) посвятил кибернетике фундаментальную критическую статью. П. де Латиль опубликовал общую работу (г), в популяризаторском плане, насыщенную фактами, написанную ясно, но поистине с чересчур большим пафосом. Альберт Дюкрот, построив «искусственную черепаху» (Фило, или Мизо), затем «электронного лиса» (Джоб) и лису (Барбара), реализовав «электронную поэтессу» (Каллиопа), которая составляет узоры для византийских ковров и поэмы с помощью своих «ячеек случая», опубликовал книгу, написанную в более живописной манере, граничащей с развлекательностью, под названием «Эра роботов» (д).

а) Эти две статьи — в журнале «Esprit», 1950.

б) L. Couffignal, *Les Machines à penser*, éd. de Minuit, 1952.

в) L. de Broglie, *Nouvelle Revue Française*, 1<sup>er</sup> juillet 1953, p. 60—85.

г) P. de Latil, *La Pensée artificielle*, Gallimard, 1953.

д) A. Ducrocq, *L'Ère des robots*, Julliard, 1951.

следнее двадцатилетие это научное движение, как кажется, приобрело три аспекта:

1) Прежде всего построение далеко идущих обобщений, вроде обобщения, предпринятого Пьером Ожером<sup>1</sup>; каково бы ни было их достоинство, почти эпический характер этих работ избавляет их от нашей критики.

2) Затем отчетливые попытки дать строгую математическую формулировку биологическим или социальным фактам<sup>2</sup>.

К сожалению, эти работы требуют употребления далеко не классической математики (как, например, системы, называемой алгеброй Буля); некоторые допускают даже создание новых алгоритмов, целиком выдуманных их авторами и с трудом понимаемых неспециализированными математиками, так что очень трудно составить мнение о ценности этих исследований.

---

<sup>1</sup> P. Auger, *L'homme microscopique* («Les Temps modernes» n° 51—53—54), впоследствии выпущена отдельным изданием.

<sup>2</sup> Назовем работы Рашевского, затем Ландола, Хаусхольдера, Раппопорта (а) и работы Мак-Каллока и Питтса (б) по математической бифизике нейрона; работы Неймана и Моргенстерна (в) по теории игр и экономического поведения; работы Халла (г), Ципфа (д), Рашевского (е) по человеческому поведению; наконец, работы Левиса и Ф. Ричардсона по теории войн (ж).

а) N. Rachevsky, *Mathematical Biophysics* (1938); A. S. House-Holder and H. D. Landohl, *Mathematical Biophysics of the central nervous system* (1945).

б) 1° W. S. McCulloch and W. Pitts, *A logical calculus of the ideas immanent in the nervous activity* («Bull. Math. bioph.», p. 1, 115—133, 1943).

2° McCulloch, *A heterarchy of values determined by the topology of nervous nets.* («Bull. Math. bioph.», vol. 7, 1945).

3° Pitts and McCulloch, *How we know universals. The perception auditory and visual forms* («Bull. Math. bioph.», vol. 9, 1947).

4° McCulloch and Pitts, *The Statistical Association*, vol. 4, № 2 (1948).

5° McCulloch and Pitts, *Digital computers called brain:* («The Scientific Monthly», décembre 1949).

в) J. von Neumann et Oskar Morgenstern, *Theory of games and economy behaviour* (1946).

г) Clark L. Hull, *Principes of behaviour* (1943).

д) K. Zipf, *Human Behaviour* (1949).

е) N. Rachevsky, *Mathematical Theory of human relations* (1947).

ж) L. F. Richardson, *War Moods* («Psychometrika», p. 147—173 et 197—232, 1948).

3) Наконец, гораздо более связный ансамбль, образованный кибернетическим движением.

\* \* \*

Можно ли выделить главную линию кибернетической мысли? По-видимому, по крайней мере в том, что касается Н. Винера, эта главная линия возникла из проблем, поднятых информацией, или, лучше сказать, передачей информации, и которые можно схематизировать так: каким образом, несмотря на все помехи, исходящие извне, сохранить за передаваемым сигналом его ценность сообщения?

Известная игра («испорченный телефон») представляет эту проблему крайне выразительным образом. В собрании, состоящем из двух десятков человек, какая-либо фраза передается шепотом от первого ко второму, который шепчет третьему то, что понял, и так далее. Фраза, которая все время передается таким способом, достигает крайнего человека, который громко ее повторяет. То, что таким образом повторено, имеет обычно лишь очень смутное сходство с первоначальной фразой. Передача исказила сообщение. При передаче телефонных сообщений, и особенно сообщений на большие расстояния, снова обнаруживаются те же проблемы: как воспрепятствовать тому, чтобы сообщение было полностью заглушено «шумами»? Эти проблемы снова возникают в радио и т. п.<sup>1</sup>

Но не одни только люди обмениваются сообщениями, это делают также и животные. И даже машины. В самом деле, существует особый класс машин — самоуправляемые машины, которые используют это свойство; их самым дальним предком является потрясок ветряной мельницы (П. де Латиль); их прямой предок — шаровой регулятор Уатта. Эта линия продолжается сегодня в множестве реализаций — от электрического отопления с автоматическим регулированием до автопилота самолета

---

<sup>1</sup> Возникнув из технических проблем, поставленных телефонией на дальние расстояния, теория информации явилась основой конструирования вычислительных машин, что потребовало ее математической кодификации Шенноном. Н. Винер посвятил ей свою последнюю книгу [R. V. Hartley, *The Transmission of information*; C. E. Shannon, *A Mathematical Theory of information* (1948)]

«Юе», до приспособления, которое ловит и связывает оборвавшиеся нити ткацких станков, и до больших прокатных станов, устанавливаемых на Мозеле. Мы опишем детально эти машины в главе III. Пока же запомним только их принцип: все они имеют целью поддерживать некоторое устойчивое состояние вопреки внешним обстоятельствам. Приспособление колонок поддерживает заданную температуру воды, каковы бы ни были изменения окружающей температуры или количество использованной теплой воды. Автопилот поддерживает курс самолета, каковы бы ни были изменения ветра и т. д. Для этого нужно, чтобы регулирующие аппараты были осведомлены в каждый момент о действительном состоянии среды: нужно, чтобы термостат был информирован о температуре воды, чтобы автопилот был информирован о деривации за счет ветра и т. д. Эта роль информации становится еще более очевидной, когда действие самоуправляемой машины простирается на большие расстояния. Так будет в случае устройства, регулирующего расход энергии электростанций: когда происходит резкое увеличение потребления электроэнергии в каком-либо промышленном районе, устройство автоматически предупреждает электроцентрали, затерянные в горах, и автоматически открывает большее отверстие в заградительных щитах.

Таким образом, от проблем информации между людьми кибернетики перешли к проблемам информации между машинами или между элементами одной и той же машины. И это заставило кибернетиков заняться самоуправляемыми машинами, изучить их принципы с целью подготовить усовершенствование этих машин, вызвать рождение новых машин.

Новое наблюдение повело кибернетиков еще дальше. Если рассмотреть схему соотношений, которые устанавливаются в этих машинах между главным действием, информацией, передачей этой информации и происходящей от этого коррективной главного действия, то можно констатировать, что эта схема изображает замкнутый контур.

Этот контур образует то, что англосаксы назвали устройством обратной связи (*feed-back*)<sup>1</sup>. И вот нейро-

<sup>1</sup> Буквально: обратное питание. Это слово не имеет прямого французского эквивалента. Предлагались «*réaction*» в смысле, упот-



физиологи встретили здесь и там в нервных структурах неоспоримые примеры обратной связи; Розенблют и Винер показали, что одно специальное неврологическое явление<sup>1</sup> — клонус ноги — зависит от механизма, уподобимого самовозбуждаемым колебательным контурам. С другой стороны, заметили, что способ реагирования нервных клеток на возбуждение — либо сразу посредством максимальной реакции, если интенсивность возбуждения достаточна, либо никак, если она недостаточна<sup>2</sup>, — напоминает принцип двоичной системы счисления, восторжествовавший в вычислительной машине Института Блеза Паскаля. Возникли многочисленные уподобления: правдоподобные и менее правдоподобные. Короче: мы призвали кибернетиков не только к изучению информации, не только изучению машин в виде замкнутого контура, но также к непрерывному сравнению между нервными механизмами и машиной, построенной человеком<sup>3</sup>.

Многочисленные книги постарались преподнести кибернетику французской публике; многие это сделали удачно; большая часть восторженно, некоторые с пафосом. Однако не всё в равной мере заслуживает внимания в работах, порожденных новой дисциплиной. Дело в том, что при сравнении нервной системы с машинами

---

ребляемом специалистами по электронике, что подает повод к смешению; «action en retour» (П. Шошар). Мы предпочли бы «rétroaction». Но кажется, что одержал верх обычай применять английский термин.

<sup>1</sup> Если у животного (или человека), спинной мозг которого (функционально) отделен от головного (посредством механического сечения, или действия ядов, или каким-либо иным образом), резко согнуть ногу в направлении спины, то будут наблюдаться ритмические толчки, которые длются до тех пор, пока оператор удерживает ногу в этом положении.

<sup>2</sup> Закон «все или ничего».

<sup>3</sup> Как подчеркивает Ж. Т. Гильбо (журнал «Esprit», сентябрь, 1950), главные темы кибернетики не увлекают в равной мере всех кибернетиков: некоторые вместе с Винером привязаны исключительно к теории информации и к ее приложениям в различных областях; другие, особенно физиологи, останавливаются главным образом на изучении систем контроля и следящих систем, на изучении тех структур в виде замкнутого контура, на которые мы указали выше, короче — на изучении пространственной темы кибернетики. Физики больше интересуются циклическим функционированием этих сетей, математической теорией колебательных контуров, теорией сигнала и информации, другими словами — разворачиванием событий во времени временной темой кибернетики.

появилось большое искушение экстраполировать и из подобия выводить заключение о тождестве. Некоторые кибернетики сумели остеречься. Другие, как физиологи, так и физики, поддались соблазну. Переоценили результаты испытания черепах или электронных лис. В забавных текстах, быть может не лишенных остроумия, они смешали то, что было доказано, с тем, что было всего лишь гипотезой, то, что было реализовано, с тем, что было всего лишь мечтой. Говорили с легкостью о синтетическом мозге, о машинах, которые мыслят, даже о машинах, способных задумать и реализовать новые машины<sup>1</sup>. Поэтому момент для критики кажется подходящим. В этой маленькой книжке делается попытка восстановить оттенки и необходимые различия.

---

<sup>1</sup> Это самовоспроизведение машин предвосхитил юморист С. Батлер в 1871 году в трех главах своей книги «Erewhon» (представляющих собой пародию на «Происхождение видов» Дарвина). Нейман рассмотрел математическую формулировку этой проблемы. Стоит ли добавлять, что никакой реализации не последовало?

## II

### ЧЕЛОВЕК И МАШИНА

#### МЕТОДЫ СРАВНЕНИЯ

Давно уже человек пробовал сравнивать строение и деятельность собственного тела с устройством и действием машин, созданных его гением. Со времен Архимеда руку стали уподоблять рычагу, впрочем не очень уравновешенному. Как только факт кровообращения был доказан, стало известно, что сердце работает подобно всасывающему и нагнетательному насосу. Когда был открыт принцип камеры-обскуры, напросилось сравнение между объективом и хрусталиком, диафрагмой и радужной оболочкой — словом, между глазом в целом и фотографическим аппаратом<sup>1</sup>.

#### Сравнения структуры

Итак, кибернетики могут сослаться на очень старую традицию, когда они предлагают нам первый из своих двух рабочих методов: сравнение структуры той или

<sup>1</sup> Число примеров можно было бы без труда увеличить. Связи зрительных клеток и сосудистой оболочки глаза уподобляли пьезоэлектрической системе (де Граммон). В строении обонятельной слизистой (снизу вверх: водянистый слой, слизь; затем маслянистый слой, реснички, вросшие в обонятельные клетки; наконец, водянистый слой, клеточная протоплазма) Эренсвальд усмотрел приспособление, пригодное для преобразования химического действия частиц пахучего вещества в электрический эффект деполяризации. Первые нейрофизиологи рассматривали миелиновую оболочку, которая окружает нервные волокна, как своего рода изоляцию, аналогичную гуттаперче, покрывающей электрические провода. Но известно, что бездекрементное проведение импульса происходит и по амиелиновым волокнам. Это наводит на мысль, что, если миелиновая оболочка и изолирует (это не доказано), она не является единственной в этой роли. Другие сопоставления, в большей степени произвольные, делались нейрофизиологами прошлого века; таково сопоставление перехватов Ранвье, наблюдаемых вдоль нервных волокон, с конденсатором.

иной части машины со структурой того или иного нервного образования — в надежде, что тождество структуры позволит заключить о тождестве функционирования. Мы увидим, что именно этому методу кибернетика обязана своими наиболее ценными результатами, такими, как уподобление системы регулирования движениями механической системе называемой обратной связью, или объяснение посредством системы автоколебаний ритмических толчков ноги, наблюдаемых у «спинального» млекопитающего.

К сожалению, этот метод довольно быстро исчерпывает свои возможности. Наши сведения о структуре нервной системы, в сущности, имеют двоякий характер: с одной стороны, гистологические методы дают нам точную картину структур, наблюдаемых под микроскопом. Но эти картины часто удивительным образом запутаны, так что было бы рискованным основывать достоверное сравнение только на них. Кроме того, прямое наблюдение этих картин ограничено размерами самого прибора. Можно таким способом различить, как соединяются между собой клетки коры головного мозга, но нельзя проследить путь нервных волокон к стволу мозга и к спинному мозгу. Поэтому выступает второй метод, который состоит в определении прохождения больших нервных путей из наблюдения эффекта должным образом осуществленной перерезки или возбуждения этих путей. Но, даже если обратиться к новейшим функциональным методам<sup>1</sup>, ни в коем случае нельзя с уверенностью прийти к установлению связи данных о тонких структурах, предоставляемых гистологией, и данных о структуре больших масштабов, подсказываемых нам физиологией. Например, мы знаем, что самый сложный из проводящих путей — пирамидный путь — идет от коры мозга и спускается в ствол мозга и спинной мозг, где он в конце концов вступает в связь с двигательными клетками передних рогов. Но мы не очень хорошо знаем, как

<sup>1</sup> Например, возбуждая стрихнином какой-либо пункт коры головного мозга (Дюссе де Баренн) и определяя путем изучения вариаций электрических потенциалов, какие из других пунктов коры реагируют, можно предположить, что такой-то пункт связан с таким-то. Точно так же, возбуждая чувствительный орган — глаз — посредством его естественного раздражителя — света — и измеряя потенциалы действия в различных пунктах мозга, можно определить прохождение зрительных путей.

«существляется эта последняя связь. Более того, десять лет тому назад (начиная собственно с 1860 года) считали доказанным, что пирамидный путь берет начало от больших двигательных клеток прероландиевой области коры; в настоящее же время установлено, что от них берет начало лишь одна тридцатая часть волокон пирамидного тракта, остальные же волокна идут от других клеток коры.

Мы видим, сколь качественно противоположными являются наши сведения о машинах и наши сведения о нервной системе: инженеры знают до мельчайших подробностей, как устроена та или иная машина, нейрофизиологи могут лишь догадываться, как соединяются клетки того или иного нервного образования. Так что сравнивать одно с другим — значит сравнивать структуру, совершенно известную, со структурой, только предполагаемой. Отсюда понятно, сколько опасностей может таить в себе этот метод<sup>1</sup>.

Более рискованно экстраполировать и заключать на основе морфологического сходства, даже достоверного, о тождестве по существу; еще в большей степени это относится к заключениям о функциональном подобии<sup>2</sup>: такой путь может привести к явно ошибочным выводам. К сожалению, некоторые из них нам придется исправить на протяжении этой небольшой книжки.

### Метод моделей

Ввиду недостаточности и опасностей одного сравнительного метода кибернетики стали искать что-либо дру-

<sup>1</sup> Предположим еще, что сравниваются действительно существующие структуры, что это сравнение вскрывает подлинные аналогии в структуре и не позволяет довольствоваться смутным сходством форм, легко превращаемым в тождество (см. по этому поводу главу III).

<sup>2</sup> Вот одна из опасностей, наиболее часто встречаемых при сравнительном методе. Гистология показывает нам существование элементов двух родов: нервных клеток и соединительных волокон. Последние имеют определенное назначение: они проводят нервный импульс, как электрический провод проводит ток. Следовательно, возможно и законно сравнивать соединения этих волокон со схемой электрической сети; отправляясь от этого структурного подобия между проводами и волокнами, разумно делать заключения о подобии функционирования. Напротив, мы значительно менее осведомлены о точной роли нервной клетки. Поэтому в данном случае гораздо более опасно пускаться в установление функционального подобия и сравнивать клетки с триодом, конденсатором, катушкой самоиндукции  
м т. д.

гое. Они обратились к так называемому методу моделей. В чем он состоит? Сначала догадываются о структуре и функционировании данного нервного аппарата; затем конструируют механическую, электромеханическую или электронную машину, воспроизводящую эту структуру, и наконец сравнивают действия созданного «эрзаца» с исследуемой живой «модели».

Однако если хотят сравнивать законным образом действие машины и нервного аппарата, то следует строго соблюдать ряд условий: прежде всего необходимо условиться о значимости производимых действий как в отношении живой «модели», так и в отношении построенной «модели». Нельзя ни недооценивать первую, ни переоценивать вторую. Необходимо далее, чтобы у сравниваемых объектов имелось если не полное сходство, то самое большее только различие в степени, но не в природе. Мы увидим, что эти условия не всегда соблюдались точно.

Затем недостаточно, чтобы машина выполняла ту же самую работу, что и живое существо, для получения законного права считать, что она делает это *таким же образом*: швейная машина соединяет ткани так же хорошо, как и швея. Но стежок, который делает машина, не походит на знакомый нам стежок швеи. В истории биологии много раз создавали «эрзацы» того или иного живого аппарата, основанные как будто на принципах работы этого аппарата, и такие «эрзацы» действовали очень хорошо, а между тем развитие физиологии впоследствии показывало, что на самом деле живой аппарат, который хотели скопировать, действовал совсем по другому принципу. Вот превосходный пример такого рода. Рецепторный орган слуха имеет вибрирующую пластинку, основную мембрану. Прежде считали, что эта пластинка вибрирует в целом, как пластинка в телефоне. В свое время Эвальд создал искусственную вибрирующую мембрану таких же размеров, что и основная мембрана. Он смонтировал ее в «акустической камере». Он мог фотографировать стационарные волны, произведенные этой мембраной при ее колебании, и точно определить, что длина этих волн изменяется от 16 мм для самого низкого звука до 1/1000 мм для самых высоких звуков. Казалось, что Эвальд хорошо проанализировал и воспроизвел явление вибрации основной мембраны. Во всяком случае, его

«эрзац» основной пластинки, казалось, хорошо выполнял приписанную последней функцию. К сожалению, если пластинка может вибрировать таким образом, это не означает, что то же самое происходит в действительности в живом ухе. Теория Эвальда требовала, чтобы слуховой нерв мог передавать полученные от вибрирующей мембраны импульсы с частотой 32 000 колебаний в секунду. А это физиологически невозможно. Напротив, теперь известно, что анализ звуков принадлежит не центрам, как думал Эвальд, а периферийному органу слуха — ушной улитке, как это полагал еще Гельмгольц. И если мембрана вибрирует, то она производит совсем не стационарные волны, как модель Эвальда, а гамму прогрессирующих волн (Флехтер, фон Бекези).

Этот классический пример хорошо показывает, что модель может воспроизводить действия оригинала даже тогда, когда она не функционирует таким же образом. Поэтому с методом моделей следует обращаться так же осторожно, как и со сравнительным методом. Как тот, так и другой требуют обращаться с ними в духе строгой критики. В какой мере кибернетики смогли к ней примениться, мы исследуем в ближайших главах.

### III

#### ПОДОБИЯ СТРУКТУРЫ

##### ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

В нашем введении мы уже говорили, что первые сравнения человека с машиной, которые пытались делать кибернетики, касались подобия структуры. Наиболее известно подобие, открытое между некоторыми системами регуляции — нервной или эндокринной — и некоторыми регуляторами машин — теми самыми, которым дали имя обратной связи. Прежде чем рассматривать, что такое обратная связь, для ясности нашего изложения следует напомнить, что такое орудие, что такое машина, что такое сервомеханизм.

#### Орудие, машина и рефлекторная регуляция

В тот день, когда у одного из наших далеких предков возникла мысль использовать остроконечный камень, чтобы подрить пень дерева, который не могли подрить его ногти, он создал первое орудие. И о чем бы ни шла речь — о шипцах ли, позволяющих нам захватывать предметы с большей силой и точностью, чем наши пальцы; или о кисточке, которая размазывает краску лучше, чем подушечка нашего большого пальца; или о молотке, который бьет лучше, чем наш кулак, — все орудия, изобретенные и построенные человеком впоследствии, преследуют одну и ту же цель: увеличить эффективность и производительность наших действий, «продолжая естественный организм с помощью искусственного органа» (Бергсон).

Позже, когда у другого нашего предка возникла мысль применить воду реки для вращения жернова своей мельницы, то его открытие стало знаменательной датой в истории человечества. Пока жернов вращала рука раба (или рука женщины), он был лишь орудием. Движимый



энергией, внешней по отношению к человеку (вода реки), он становится машиной. Человек уже не выступает как двигатель: в этой роли его заменяет машина; он вмешивается только при пуске этой машины и при контроле полученного результата. Так что можно с достаточным приближением принять определение, предложенное П. де Латилем: «Машина есть система, изготовленная человеком для выполнения некоторого действия при доставлении ей необходимой энергии»<sup>1</sup>.

Только нужно (если снова вернуться к мельнице), чтобы количество зерна, подаваемого на жернов, точно равнялось тому количеству, которое тот в состоянии перемолоть. Если зерна подается слишком много, жернов засоряется, если же — недостаточно, то жернов разгоняется и нагревается. Но это количество зерна нельзя точно предвидеть заранее. Поступление воды происходит не регулярно: оно увеличивается или уменьшается в зависимости от поступления воды из реки, в зависимости от какого-нибудь камня, засоряющего канал, или, наоборот, в зависимости от расчистки канала. Наливное колесо вращается поэтому то медленнее, то быстрее. Кроме того, зерно не остается одним и тем же: его твердость меняется от мешка к мешку. Более твердое зерно (и тем более, если оно содержит инородные тела) оказывает большее сопротивление жернову — и он замедляет вращение, более мягкое зерно способствует ускорению вращения.

Без сомнения, первоначально задача разрешалась применением ручного труда: помощник мельника ре-

---

<sup>1</sup> Это определение ясно: оно ставит машину вообще на свое место — между орудием и самоуправляемой машиной. Оно неудобно тем, что говорит только о системах, изготовленных человеком. Однако имеются естественные системы, которые изобретательность человека сумела использовать как машины. Когда человек пускает в солевую воду из ручья через естественный канал, чтобы выпустить через другой естественный канал соляной раствор, которому он даст испаряться, нельзя сказать, что он построил машину. Кроме того, машина может иметь человеческий двигатель, источник потребляемой энергии может быть человеческим: нория (подъемник воды), приводимая в движение слепой лошадей, является машиной; она не перестанет ею быть, если впрячь троих или четверых людей на место старой лошади. Поэтому можно предпочесть более сложное, но более полное определение Л. Куфиньяля: «Всякий ансамбль неодушевленных существ или в виде исключения даже одушевленных, способный заменить человека при выполнении некоторого ансамбля операций (этот термин понимается в его наиболее широком значении), заданного человеком».

гулировал время от времени количество бросаемого на жернов зерна. В XVI веке, а может быть и раньше<sup>1</sup>, какой-то неизвестный гений понял, что эту работу может проделывать сама мельница: для этого достаточно, чтобы специальное устройство соразмеряло расход зерна со скоростью вращения жернова. Это устройство известно теперь уже четыре столетия.

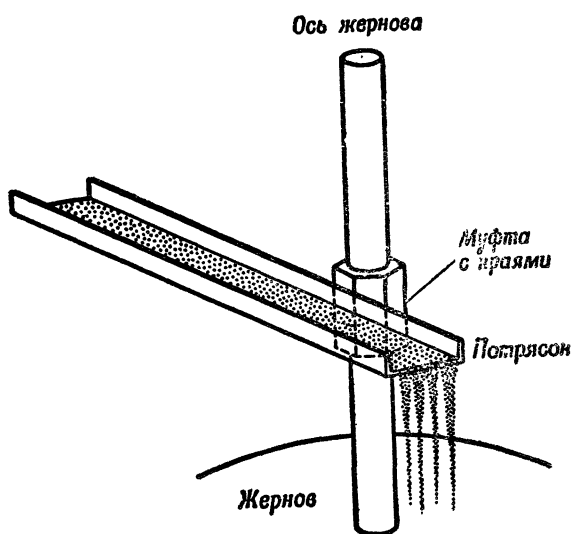


Рис. 1. Потрясок.

Это — потрясок: зерно подается на жернов через деревянный желоб с очень слабым наклоном — настолько слабым, что в состоянии покоя зерно остается в желобе, не скользя по нему. Напротив, малейшее встряхивание желоба заставляет упасть некоторое количество зерна. А эти толчки передаются желобу через ось самого жернова. Именно на эту ось на уровне желоба насажена четырехугольная муфта; всякий раз, когда край муфты задевает желоб, потрясок спускает

<sup>1</sup> Пьер де Латиль, по-видимому, первый усмотрел в потряске предка обратной связи. По его просьбе Бертран Жиль разыскал описание этого приспособления в одной из книг 1588 года: Ramelly (военный инженер Генриха III), *Diverse artificose machine*.

некоторое количество зерна, всегда одинаковое. Таким образом, при каждом обороте жернова происходит четыре задевания желоба. Легко понять, что чем быстрее вращение жернова, тем чаще встряхивается желоб и, следовательно, тем больше падает зерна на жернов за один и тот же промежуток времени.

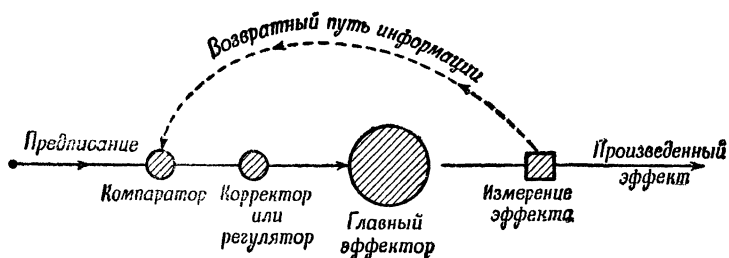


Рис. 2. Элементарная схема обратной связи. *Н.В.* Часто аппарат для измерения эффекта совпадает с компаратором, помещаемым в «явном» подчинении у выбранного предписания.

Мы до некоторой степени настаиваем на этом механизме, так как двумя столетиями раньше изобретения парового регулятора Уатта (1770 год) — и лучшим образом, чем этот последний, — а также тремя столетиями раньше публикации теорий Максвелла о сервомеханизме<sup>1</sup> потрясок служит превосходным примером тех «рефлекторных регуляций», о которых теперь говорят, что они осуществляются посредством обратной связи.

<sup>1</sup> Легко смешивают *сервомеханизм* с *автоматическим регулированием*. Сервомеханизм был изобретен в 1833 году под названием «*tourneur asservi*» французским инженером Леоном Фарко, который решил техническую проблему управления рулем больших кораблей. Управлять рулем должен только один человек. Но на больших кораблях один человек не располагает необходимой для этого физической силой. Поэтому Фарко придумал устройство (нам нет нужды его здесь описывать), в котором рука рулевого приводит в действие мотор, а мотор перемещает руль точно на требуемое число градусов. Все сервомеханизмы произошли от мотора Фарко. Так много спорили об их определении, что в коллективной книге Массачусетского технологического института («*Theory of Servomechanisms*») написано: «Для практиков сервотехники почти так же трудно договориться об определении серво, как группе теологов договориться об определении греха». Т. Гильбо дал образную формулировку: «Хозяин командует, а раб

## Автоматическое регулирование посредством обратной связи. Примеры

По мере того как машины, сооружаемые человеком, все в большей мере становятся автоматами, наблюдается увеличение числа систем регулирования посредством обратной связи. После потряска мы упомянули шаровой регулятор Уатта. Электрическая колонка наших ванн является другим превосходным примером самоконтролируемого механизма того же типа: мы хотим, чтобы этот аппарат доставлял нам всегда воду с температурой около  $80^{\circ}$ ; для этого нужно, чтобы ток включался, как только внутренняя температура резервуара опускается ниже  $79$  или  $78,5^{\circ}$ , и отключался, как только температура превысит  $80^{\circ}$ <sup>1</sup>.

Как достигается такой результат? В резервуаре имеется прибор, называемый термостатом, который связан с автоматическим выключателем в цепи питания колонки. Когда температура воды достигает  $80^{\circ}$ ,

---

утомляется». Это означает, что в сервомеханизмах энергия команды совершенно отлична от энергии исполнения: первая может быть минимальной, ничтожной, тогда как вторая может быть огромной.

Сервомеханизмы, очевидно, допускают связи между органом команды и органом исполнения. Эти связи определялись самым различным образом. Пьер де Латиль дает в своей книге около двадцати различных определений. Со своей стороны он очень справедливо замечает, что часто путали понятия сервомеханизма и регулирования. Всякий раз, когда механизм благодаря обратной связи может согласовывать свои действия с данным предписанием, этот механизм называется автоконтролируемым (то есть с автоматическим контролером). Существует два типа автоконтролируемых механизмов: 1) *автоматический регулятор*, где предписание постоянно и где вследствие этого величина эффекта стремится оставаться постоянно; 2) *сервомеханизм*, где предписание меняется (*команда*) и где вследствие этого равным образом меняется величина эффекта, стремясь воспроизвести изменение команды, — машина Фарко для управления кораблями есть сервомеханизм, ибо *команда* меняется: рулевой может повернуть нос на  $25^{\circ}$  лево на борт, затем на  $40^{\circ}$  и произвести *эффект* (изменение направления корабля). Наоборот, если ограничивают систему данным углом, *команда* становится фиксированной и эффект тоже: корабль сохраняет курс. Механизм уже является не серво, но постоянным регулятором.

<sup>1</sup> Само собой разумеется, можно предусмотреть, в зависимости от точности аппарата, более тонкое регулирование (которое даст воду между  $79,8$  и  $80,2^{\circ}$ ) или более грубое (между  $70$  и  $90^{\circ}$ ). Абсолютно устойчивое состояние ( $80^{\circ}$ ) является идеалом, к которому стремится регулирование, никогда не достигая его строго.

термостат, возбужденный этой температурой, передает свою информацию автоматическому выключателю, тот срабатывает, и ток больше не проходит. Когда же, наоборот, температура воды опускается ниже  $78^{\circ}$ , термостат возбужден в противоположном смысле; он передает эту

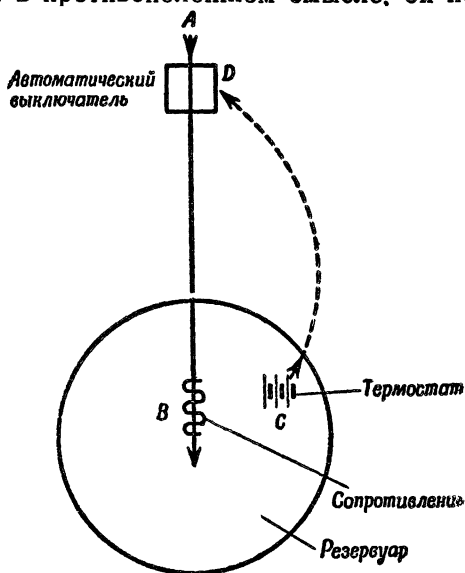


Рис. 3. Регулирование электрической колонки посредством обратной связи<sup>1</sup>.

информацию выключателю, который включает ток. Представим эти элементы на схеме (рис. 3). Цепь электропитания  $AB$  с нагревательным сопротивлением  $B$  образует главную систему, задача которой реализовать действие. К этой системе подключена корректирующая система (или реактор), образованная цепью  $C$  (термостат) —  $D$  (автоматический выключатель). Эта вторичная система собирает информацию о самом эффекте, произведенном главной цепью (температура воды). Эту информацию она переносит *обратно* к выключателю, помещенному в главной системе. Это кольцо, где действие

<sup>1</sup> Для упрощения схемы каждый из контуров  $AB$  и  $CD$  представлен одной-единственной линией.

направлено противоположно действию главной системы и отправляется от эффекта, чтобы возвратиться к причине, образует самый тип обратной связи.

Можно привести другие примеры: регулятор работающего на угле котла нашего квартирного центрального отопления принадлежит к той же системе; он пробует температуру воды и в зависимости от искомой степени нагрева открывает или закрывает клапан тяги. В том же порядке реализации имеются более сложные аппараты, которые автоматически запускают котел, работающий на мазуте, когда внутренняя температура помещений падает до определенного градуса; другие аппараты учитывают, какая погода: солнечная ли пасмурная. Устройство «antifading» радиоприемников, компенсирующее колебания тока, поступающего на усилитель (следовательно, колебания звукового потока громкоговорителя), отвечает тому же самому принципу. Автоматическое регулирование посредством обратной связи также сделало возможными реализации, грандиозные по их протяженности в пространстве. Таковы затерянные в горах электростанции, работа которых автоматически приостанавливается или ускоряется при понижении или повышении потребления энергии на равнине; или те прокатные станы с автоматической регулировкой, рожденные в Америке и недавно введенные во Франции, в которых «ощупыватель» непрерывно определяет толщину листового железа на его выходе из вальцов и для исправления отклонений в ту или другую сторону извещает аппарат (амплидин), который тянет готовый лист, о необходимости увеличения или уменьшения силы его тяги<sup>1</sup>. Другие реализации являются более удивительными по своей сложности: таков

---

<sup>1</sup> Прокатный стан с регулированием посредством обратной связи противостоит — по самому своему принципу — автоматическим прокатным станам, построенным ранее. Прокатный стан должен выпускать листовое железо заданной толщины (с некоторым допустимым отклонением). Эта толщина зависит от ряда факторов: от температуры металла, его тягучести, ковкости, от толщины металла на входе вальцов, от расстояния между вальцами, от силы тяги, приложенной к листу. В течение долгого времени усилия конструкторов были направлены на регулировку этих факторов одного за другим, *на их регулировку заранее*. Но эти усилия приходилось без конца возобновлять, ибо часто достаточно было воздействовать на одну из переменных, чтобы изменить другие. Случалось даже, что ввиду необходимости предусмотреть строгим образом стабильность, постоянно

автопилот самолета «Дже»; таковы также самоуправляемые снаряды или тот автоматический наводчик противовоздушной обороны, который должен учитывать не только скорость самолета, скорость снаряда и запаздывание, вызванное производством выстрела, но даже в некоторой мере возможные обманы пилота.

### Принципы автоматического регулирования и общая схема обратной связи

Теперь мы в состоянии выделить принципы автоматического регулирования и наметить общую схему обратной связи.

1. Самоуправляемые машины имеют задание приспособить свои действия к переменным условиям внешней среды. Чтобы скорость вращения колеса паровой машины оставалась постоянной, регулятор Уатта увеличивает или уменьшает выпуск пара в зависимости от увеличения или уменьшения требуемой работы машины. С той же самой целью потрясок увеличивает или уменьшает поступление зерна в зависимости от более быстрого или более медленного вращения жернова. Со своей стороны автопилот самолета «Дже» поддерживает курс, каковы бы ни были сила и направление ветра.

---

ство этих различных факторов, производились машины, неспособные функционировать в случае, когда происходило значительное изменение либо в заказе (промышленность нуждается в листовом железе нестандартной толщины), либо в употребляемых материалах (металл, доставляемый прокатному стану, уже не обладает прежней ковкостью). Отсюда непрерывные дорогостоящие изменения, которые нарушают нормальную работу завода. Все переменялось с того времени, когда решили производить регулировку автоматически, отправляясь от эффекта. С этого момента, каковы бы ни были изменения, претерпеваемые каким либо одним из факторов, они меняют толщину листового железа; толщина листового железа, зарегистрированная ошупывателем, действует на амплидии, и тот реагирует, воздействуя на единственный из факторов — фактор силы тяги, приложенной к листу. Таким образом, каков бы ни был фактор, изменение которого повлекло изменение толщины готового листового железа, это последнее изменение оказывается компенсированным. Компенсация доходит до устранения неполадок, вызванных износом или порчей какой-либо части машины. Мы видим здесь все превосходство рефлекторного регулирования «с замкнутым контуром», гибкого и бесконечно богатого возможностями приспособления, над «*regulation planning*» с «открытым контуром», постоянным и неадаптируемым.

Другими словами, эти машины имеют задание *поддерживать некоторое устойчивое состояние*<sup>1</sup>.

2. Чтобы добиться такого результата, в схему главной системы этих машин, призванной реализовать действие, подключается вторичная корректирующая система (или реактор).

3. Существует огромная диспропорция между энергией, расходуемой главной системой, эффектором, и энергией, расходуемой вторичной системой, реактором, или, если угодно, между энергией, используемой корректирующим аппаратом, и той энергией, которую он контролирует. Биметаллическая пластинка термостата расходует самое ничтожное количество электроэнергии, открывая или закрывая проход ниагарам киловатт.

4. Корректирующая система собирает информацию или о самой системе-эффекторе (ось вращения жернова в случае потряска), или о произведенном эффекте (толщина листового железа в случае автоматического прокатного стана), или о внешнем мире (температура комнаты в случае автоматической регулировки центрального отопления). Эти сообщения она анализирует и передает *по обратному пути* — устройству, воздействующему в ту или другую сторону на главный эффектор.

5. Корректива идет, следовательно, от эффекта к причине<sup>2</sup>. Установленная таким образом связь образует кольцо, замкнутый контур. Это — устройство, которое даже во Франции обычно называют термином «*feedback*»<sup>3</sup>: если угодно, дракон, кусающий свой бок.

Изобразим схему этих соотношений в виде замкнутого контура; это прежде всего обратная связь, реализованная электрической колонкой; затем схема обратной связи, реализованная автоматическим прокатным станом.

---

<sup>1</sup> Таким образом, функционирование сервомеханизма представляется как диалог во времени со случаем (о. Дюбарль).

<sup>2</sup> Регулировка посредством *обратной связи*, обратного действия (*rétroaction*) действует всегда так: от выходного эффекта к входному фактору. Существуют другие виды регулировки, менее совершенные, где входные факторы действуют друг на друга. Это — регулировка посредством *взаимодействия* (*interaction*), например ветряной двигатель, качающий воду из колодезь, или автоматический копировальный аппарат для печатания фотографий.

▪ Буквально: обратное питание.



От первой до второй схемы число «эффектов», произведенных системой, не меняется. Эффект (выход) остается единственным. Меняется же число начальных факторов (входов); один для колонки, четыре для автоматического прокатного стана. Остается постоянным как в первом примере, так и во втором то, что реактор воздействует только на один из входных факторов: на прохождение тока в случае колонки, на приложенную к листу силу тяги в случае прокатного стана. И этого достаточно: другие факторы оказываются тем самым компенсированными. Так что теперь может быть установлена общая схема обратной связи (рис. 4) <sup>1</sup>.

### Недостатки обратной связи

Но регулирование посредством обратной связи не обходится без некоторых неудобств. Прежде всего соби- рание информации на выходе машины, передача ее ко входу, использование ее для приведения в действие кор- ректирующего устройства, наконец передача коррективы эффективному механизму — все это требует некоторого времени и влечет за собой некоторое запаздывание

---

<sup>1</sup> Мы можем дать — хотя оно будет довольно скучным — определение обратной связи: устройство обратно действующего авто- матического корректирования, которое стремится защитить выходной эффект от изменения входных факторов, что обеспечивается связью, соединяющей эффект с одним-единственным входным фактором.

К чему стремится регулятор во всех только что данных нами примерах? К уменьшению возможного расхождения между искомым и достигнутым эффектами, к уменьшению, например, расхождения между желаемой толщиной листового железа и той, которая полу- чена; к тому, чтобы полученное листовое железо имело тол- щину, близкую, насколько это возможно, к желаемой.

Всякая обратная связь, которая стремится уменьшить это расхож- дение, квалифицируется как отрицательная. Но можно представить — идеально, — что корректирующее устройство будет установлено в обратном направлении; что оно стремится увеличить это расхождение; что, если снова обратиться к нашему примеру, регулятор прокатного стана стремится получить толщину железа, удаленную, насколько это возможно, от предписанного габарита. Такая обратная связь будет положительной.

Точно так же квалифицируется как отрицательная такая обратная связь, которая стремится установить и поддерживать некоторое устойчивое равновесие, и как положительная — такая обратная связь, которая стремится установить и поддерживать некоторое неустойчивое равновесие (П. де Латиль).

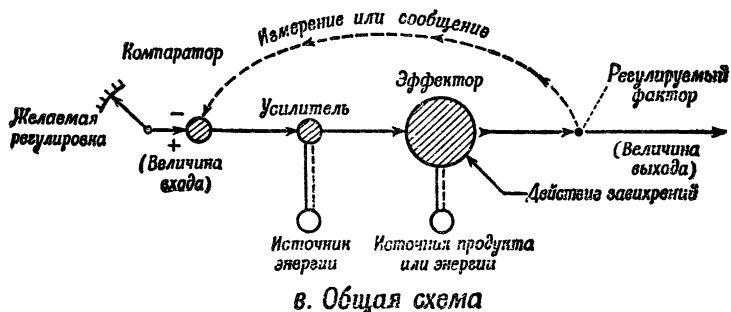
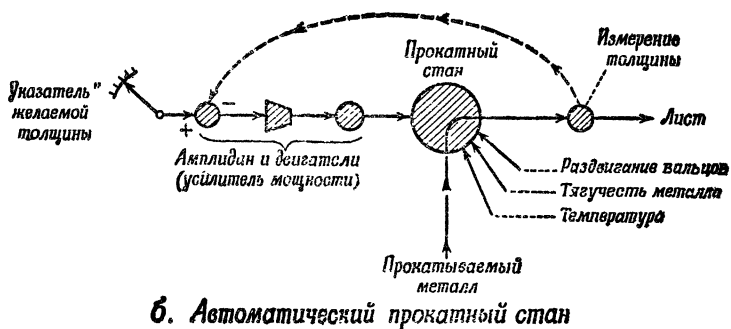
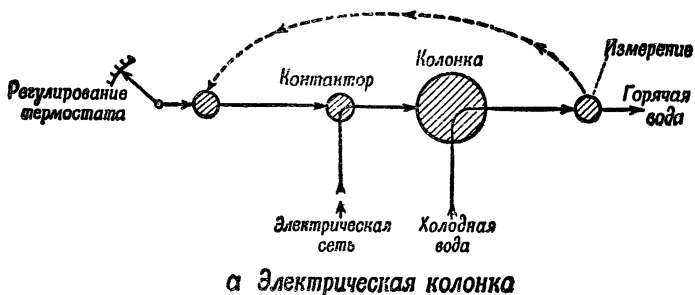


Рис. 4. Два применения принципа автоматического регулирования (а и б) и общая схема (в). *Н.В.* Эта общая схема называется «кольцеобразной» или «с замкнутой цепью». Если на общей схеме удалить обратную связь от выхода к входу, то получится схема системы с прямой командой или с разомкнутой цепью.

(гистерезис). Например, между моментом, когда паровая машина разгоняется, что влечет раздвижение регулирующих шаров, и моментом, когда наружу вырвалось достаточно пара для того, чтобы машина вошла в надлежащий режим, протекает определенное время. Помимо того, часто случается, что искомая цель оказывается превзойденной: слишком большая утечка пара вызывает слишком большое снижение скорости вращения, коррективы производятся в обратном направлении, и так далее. Отсюда серия тех колебаний, все значение которых будет выяснено в следующей главе.

Эти недостатки представляются серьезными, особенно в системе регулирования гидравлических турбин, поскольку в этом случае огромность действующих сил требует помещения между детектором (тахометром) и корректирующим аппаратом (заградительным щитом) вспомогательного мотора, который еще больше замедляет коррективу, заодно увеличивая опасность колебаний. Для их устранения придумали накладывать на первую обратную связь вторую обратную связь, но действующую в противоположном направлении: уже не от выходного эффекта (приведение в движение агрегатов, производящих электроэнергию) к входному фактору (наличная вода), но от корректирующего аппарата (заградительный щит) к детектору (тахометр), который измеряет выходной эффект. Эта схема, согласно П. де Латилю, выглядит так:

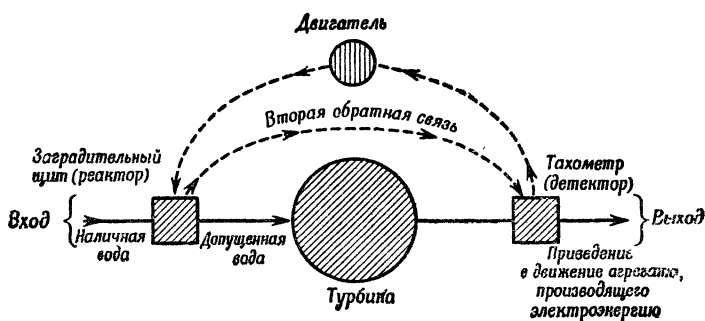


Рис. 5. Пример комплексной обратной связи. Автоматическое регулирование гидравлических турбин для агрегатов, производящих электроэнергию.

Такая система позволяет, когда заградительный щит сработал, немедленно уведомить об этом тахометр. Она не заставляет ждать, пока эффект закрытия заградительного щита отразится через трубопроводы и турбину на скорости вращения на выходе. Он может, следовательно, более быстро прекратить торможение, что в некоторой степени предотвратит осцилляционный эффект.

### Мозжечок — регулятор с обратной связью

По-видимому, в нервной системе существуют аппараты, которые имеют с этими механизмами регулирования двойную аналогию — в цели и в средствах: в цели — поддерживать некоторое устойчивое состояние; в средствах — собирать информацию для беспрестанного корректирования главного действия посредством обратной связи<sup>1</sup>. Самым доказательным примером, несомненно, является регулирование движений мозжечком.

Равновесие в положении стоя обеспечивается находящимся в стволе мозга сложным нервным аппаратом, который подает различным скелетным мышцам необходимые приказы о сокращении или расслаблении. Но если бы эти приказы были даны раз и навсегда, равновесие было бы весьма неустойчивым; малейшее движение, произведенное нашей головой или нашими руками, малейшее дуновение ветра были бы в состоянии его нарушить — и мы бы упали. Чтобы поддержать равновесие в положении стоя, нужно беспрестанное вмешательство корректив. Последние являются специальной функцией придаточного контура, который присоединен к главному двигательному контуру и функционирует посредством обратной связи.

---

<sup>1</sup> По-видимому, многие механизмы природы могут быть схематизированы в виде «кольца», не образуя, однако, обратной связи. И несомненно, что такое смешение объясняет некоторые рискованные экстраполяции, допущенные кибернетиками. Для наличия обратной связи необходимо: 1) чтобы имелось измерение эффекта, производимого главным фактором; 2) чтобы это измерение, посредством сравнения с желаемым а priori эффектом, позволяло выявить итоговое отклонение; 3) чтобы информация об этом отклонении (идущая обратным путем) на главном факторе, усиленная и преобразованная, действовала в направлении аннулирования этого отклонения. [Из личной беседы с Ф. Г. Раймондом (F. H. Raymond).]

В самом деле, к главной двигательной системе  $AB$ , идущей от центра команды к мышце, присоединяется регулирующий контур  $CC'D$ , который от мышцы опять возвращается к центру команды, проходя через мозжечок. Эта реагирующая система собирает на уровне мышцы информацию о большем или меньшем пассивном на-

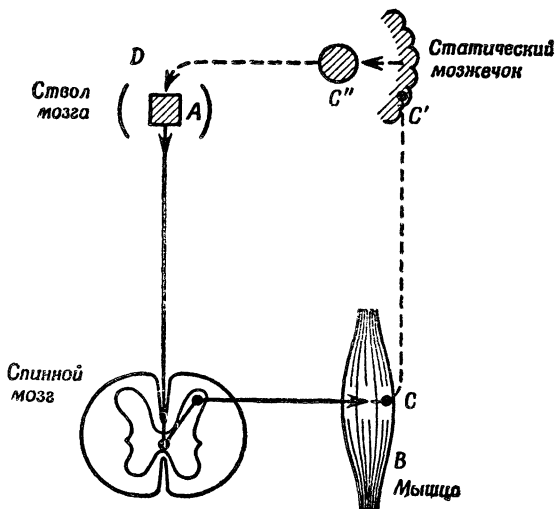


Рис 6. Регулирование равновесия в положении стоя посредством обратной связи.

пряжении мышцы<sup>1</sup>; на уровне мозжечка она их сравнивает и суммирует с другими информациями того же порядка. Она передает ансамбль этих информаций центру команды для коррективы.

Мы видим, что для этого аппарата регулирования уподобление нервной системы машине вполне допустимо. Обе функционируют посредством обратной связи<sup>2</sup>, и схема 6 наложима на схему 4.

<sup>1</sup> Следовательно, об опасностях нарушения равновесия: когда я стою и совершенно неподвижен, всякая причина, стремящаяся отклонить меня назад, подвергает мышцы передней плоскости тела пассивному растягиванию. Именно оно отмечается реагирующим контуром.

<sup>2</sup> Отметим все же, что на это регулирование мышечного происхождения накладывается другое регулирование посредством лабиринта, которое не функционирует на основе подлинной обратной связи: дви-

Подобие будет менее достоверным в случае регулирования произвольных движений (рис. 7). Когда я должен взять некоторый предмет со стола, мой мозг дает, в исходном положении, общую команду мышцам кисти, всей руки и даже всего тела. Чтобы дать эту команду, очевидно, мозг должен, до какой бы то ни было реализации, знать точное место доставаемого предмета и соответствующее местоположение различных сегментов конечности. Но, кроме того, в самом ходе действия должны непрерывно подаваться коррективы, чтобы все с большей и большей точностью приспособить различные движения к достигаемой цели. Эти коррективы являются функцией реагирующего контура, присоединенного к главному двигательному контуру, контура мозг — мозжечок — мозг ( $CC'D$ ).

Такое представление проходит хорошо в общих чертах, и подобие является приемлемым. Решили даже, что контур мозг ( $C$ ) — мозжечок ( $C'$ ) — мозг ( $D$ ) перекрывается побочной связью ( $C''$  и  $C'''$ ) между ядром мозжечка, с одной стороны, и стволом мозга и спинным мозгом — с другой (красное ядро и руброспинальный путь), и эта схема точно реализует систему регулирования, более сложную, чем система предыдущего примера, поскольку она устроена из обратной связи, которая сама контролируется другой обратной связью, в точности, как в системе автоматического регулирования заградительных щитов гидравлических турбин. Однако то, что мы знаем из анатомии, не позволяет нам считать, что в действительности контур имеет свой отправной и конечный

---

жения головы возбуждают полуокружные каналы; последние вызывают во всем теле компенсирующие движения посредством нервных путей, одни из которых — прямые (лабиринт, ствол мозга, спинной мозг), тогда как другие проходят через мозжечок. Мы не имеем здесь дела с подлинной обратной связью: источник информации пребывает не в самом действии (поддержание равновесия в положении стоя), ни в его эффекторном органе (мышечный аппарат), но в специальном, совершенно независимом органе информации (лабиринт). Так же и в шаровом регуляторе Уатта источник информации пребывает не в самом действии, но во вторичном, случайном эффекте машины и в специально предусмотренном устройстве (центробежная сила и вызываемое ею раздвижение шаров).

Отметим, кроме того, что к этим двум системам регулирования зрение добавляет третью: больной, у которого отсутствует чувствительность суставов и мышц, держится еще стоя с открытыми глазами, но уже не способен на это с закрытыми глазами.

пункты там, где требовалось бы. Он выходит из *C* (кора височной доли), тогда как главный контур выходит из *A* (кора роландовой зоны). Он заканчивается в *D* (кора теменной доли), а этот пункт очень далек от *A* и *C*.

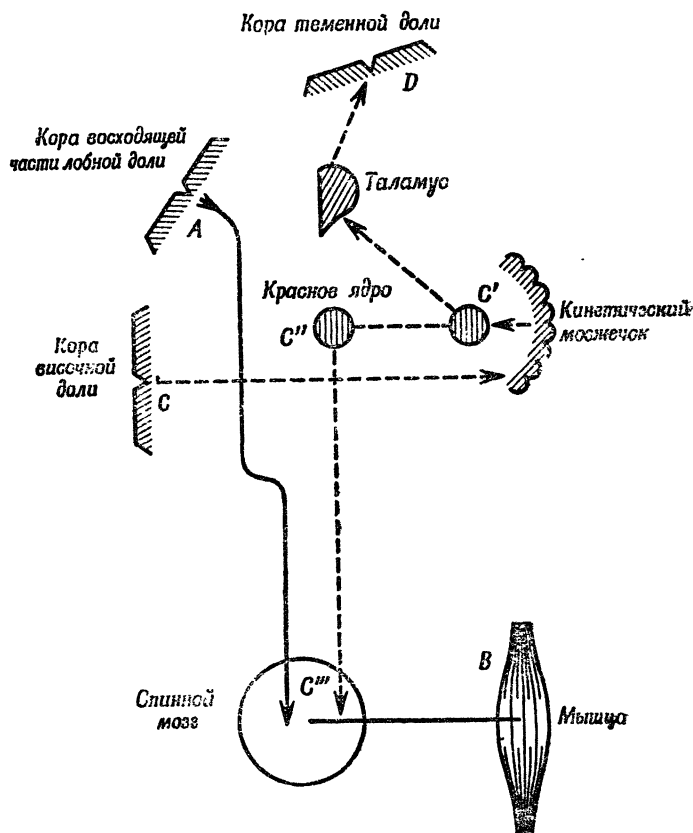


Рис. 7. Регулирование произвольных движений посредством обратной связи.

Допустить здесь наличие обратной связи, значит признать, что наши анатомические познания в этом вопросе являются недостаточными. Это очень возможно, но ничем не доказано<sup>1</sup>. И этот пример иллюстрирует

<sup>1</sup> Не считая того, что при допущении существования необходимых связей между *A* и *C*, с одной стороны, и между *A* и *D*—с другой, потеря времени на этих связях могла бы сделать коррективу недейственной.

сказанное нами выше: некоторые подобия не могут быть утверждаемы, поскольку тонкая структура изучаемых областей неизвестна в достаточной мере.

В целом подобие с регулированием посредством обратной связи, очень вероятное в случае поддержания равновесия в положении стоя, не представляет ничего неправдоподобного также и в случае произвольных движений.

### **Обратная связь более не функционирует**

Примеры такого рода доставляет нам патология. Существуют болезни (табес, псевдотабес, рассеянный склероз), которые прерывают пути глубокой чувствительности. Когда люди, пораженные такими болезнями, закрывают глаза, они теряют способность держаться стоя. Почему? Потому что сообщение, посланное их мышцами и их суставами, оказывается задержанным по дороге, так что центры, ответственные за поддержание равновесия в положении стоя, не могут более компенсировать нарушений равновесия, которым тело пассивно подвергается каждое мгновение. Обратная связь более не функционирует.

Сравним с колонкой наших ванн: все происходит так же, когда она согревает безостановочно и срывает пробку вследствие того, что прерваны связи между термостатом и выключателем.

С патологией регулирования произвольных движений может быть сделано столь же поразительное сравнение. У больных, страдающих нарушением мозжечковых путей, наблюдается дрожание, которое квалифицируют как преднамеренное: субъект не дрожит в состоянии покоя, но как только он захочет сделать какое-либо движение, например поднести палец к своему носу, его рука описывает колебания все более и более широкие и зигзагообразные, до того момента, когда движение закончится вследствие того, что палец в конце концов коснется, но не носа, а рта или уха. Здесь вес происходит так, как если бы обратная связь, предназначенная управлять произвольными движениями, функционировала сверх меры. А ведь такое же явление может произойти в автоматических регуляторах машин, например в старом шаровом



регуляторе Уатта. Случается, при некоторых условиях режима, что регулятор разгоняется сначала в одном направлении, потом в другом и что эти колебания продолжаютя вплоть до вмешательства лица, наблюдающего за машиной. Тогда говорят, что регулятор «качает». Аналогия, как видим, захватывающая. Здесь также имеется обратная связь сверх меры.

### Обобщение системы — гомеостазис

Итак, двигательная нервная система представляет несомненные примеры регулирования посредством обратной связи. Но имеются и другие примеры этого в организме животного (по крайней мере в организме позвоночного): чтобы последний оставался здоровым, необходимо, чтобы непрерывно и независимо от пищевой ценности съедаемого или энергетических затрат содержание сахара в крови оставалось постоянным. Животное достигает этого, то фиксируя сахар в тканях и печени, то выпуская запасенный гликоген. А это регулирование обеспечивается сложным механизмом эндокринной системы, и кажется очень вероятным, что различные эндокринные железы связаны между собой сетью соотношений типа обратной связи. Тот же самый механизм обеспечивает регуляцию секреций надпочечников, секреций яичников или семенников, короче — всех эндокринных желез. В более общей форме можно сказать, что подобный механизм поддерживает равновесие внутренней среды, равновесие, непрерывно нарушаемое изменяющимися условиями внешнего мира и непрерывно восстанавливаемое удивительными механизмами обратного действия. Так что системы регулирования с замкнутым контуром предстают в качестве секрета той внутренней органической устойчивости, в которой Клод Бернар видел первую жизненную необходимость и которой было дано название *гомеостазис*<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Некоторые в своих обобщениях идут дальше: они смогли увидеть регулирование посредством обратной связи как в механизме чередования фаз экономической депрессии и экспансии, так и в равновесии между некоторыми видами живогных (лиса и кролик), обитающими на одном острове, или в заладзыании автобусов на некоторых линиях в часы пик. Изложение этих идей можно найти в книге П. де Латилля; там также можно найти их приспособление к более общим формулировкам («универсальный» закон В. Банкроффа; принцип антагонизма Люпеско).

## Подобия незаконные

Как видим, подобия структуры между органическими обратными связями и обратными связями машин являются многочисленными и приемлемыми; их одних достаточно, чтобы оправдать притязания кибернетики.

Почему некоторые кибернетики стали преувеличивать и сочли необходимым выдумать другие подобия, явно неправильные, даже фантастические?

Вот тому два примера, обнаруженные нами в сочинении выдающегося математика Луи Куфиньяля.

На стр. 87 его книги<sup>1</sup> можно прочитать:

«Обнаруживается другая аналогия между структурой мозжечка и структурой диодной памяти машины Института Блеза Паскаля. Признано, что основные элементы мозжечка суть нейроны специального типа, названные клетками Пуркинье. Эти клетки расположены в шахматном порядке; нейроны соединяют их между собой в горизонтальном и вертикальном направлениях. Помимо этого, существуют тесные связи, с одной стороны, между клетками Пуркинье и, с другой — моторными нервами, управляющими мышечными сокращениями, нервами, идущими от мозга, по которым распространяются волны проявления воли, и сенсорными и проприоцепторными нервами, особенно нервами, идущими от полуокружных каналов внутреннего уха, которые, как известно, являются органами равновесия тела в пространстве.

Геометрическое расположение клеток Пуркинье в мозжечке такое же, как и расположение диодов в органе механической памяти, который мы уже описали. Здесь снова обнаруживаются связи посредством вертикальных столбцов и горизонтальных линий; то же самое можно сказать о связях органа памяти с другими органами машины, в частности со счетчиками и органами записи результатов, аналогичными костно-мышечной системе, и программой, сравнимой с органом воли. Эта аналогия структуры могла бы привести к приписыванию каждой клетке Пуркинье памяти на особое понятие.

И далее:

«Легко себе объяснить, что по мере того, как форми-

---

<sup>1</sup> «Les Machines à penser».

руется и развивается живое существо, каждая клетка Пуркинье специализируется, запечатлевая в материальной форме интеллектуальное приобретение, комбинацию понятий, созданных в данный момент в развивающемся существе...» (стр. 89—90).

Такая манера рассуждать вызывает удивление<sup>1</sup>: из морфологического сходства делать заключение о функциональном тождестве — это поистине означает перейти границы экстраполяции. Л. Куфиньяль был бы избавлен от труда приписывать мозжечку память на понятия, если бы он расспросил нейрофизиолога. Он узнал бы, что нейрохирурги полностью удаляли мозжечок у многих детей и взрослых. Эти оперируемые никогда не обнаруживали расстройств памяти<sup>2</sup>.

В другом месте (стр. 122 и 123) Л. Куфиньяль приводит схему логических функций поля из  $n$  предикатов. Он добавляет:

«Схема на рис. 26 представляет те же явления, что и схема на рис. 25, но, тогда как в этой последней мы заботились о том, чтобы представить, насколько это возможно, ясным и убедительным образом структуру системы, в схеме на рис. 26 мы старались довести до максимума длину разветвления соединительных проводов по отношению к длине самих нитей и уничтожили круги, прямоугольники и треугольники, в которых записывалось символическое представление функций. Нельзя не поразиться сходству этой схемы со слегка стилизованным рисунком гистологического сечения корковой ткани (рис. 27, стр. 124)».

Снова обнаруживается та же самая манера рассуждения: исходить из морфологической аналогии, чтобы

---

<sup>1</sup> Доводя до карикатуры этот способ рассуждения, мы могли бы также сказать: «Клетка Пуркинье мозжечка с ее специфическими древовидными отростками походит на семисвечник древнееврейской литургии. Следовательно, клетка Пуркинье является органом, в котором помещаются религиозные наклонности человека».

<sup>2</sup> Двумя главами дальше Куфиньяль пишет: «Хотя мы и не выразили этого явно, можно усмотреть, что как в последней, так и в предшествующих главах множество выдвинутых аналогий являются рабочими гипотезами. Экспериментирование должно обнаружить, являются ли они ложными или истинными и в какой степени». Было бы более разумным навести справки, прежде чем выдвигать рабочую гипотезу, и более осторожным уточнить ее характер (рабочей гипотезы) сразу же после изложения подобия.

рассматривать функциональное тождество. К сожалению, схема логического действия, нарисованная автором (рис. 26), не походит ни на что известное в гистологии, даже на схему Монье, впрочем очень общую, воспроизведенную на рис. 27.

Право же, функциональные подобия между машиной и мозгом достаточно многочисленны и приемлемы, чтобы была необходимость выдумывать другие, столь ненадежные. Кибернетика и кибернетики ничего не выиграют от этого!

## IV

### ЧЕЛОВЕЧЕСКОЕ СЕРДЦЕ КОЛЕБЛЕТСЯ НЕ СОВСЕМ КАК МАЯТНИК

#### *САМОВОЗБУЖДАЕМЫЕ КОЛЕБАНИЯ*

Во всякой самоуправляемой машине, во всякой системе регулирования посредством обратной связи может случиться нарушение функционирования особого рода: появление колебаний, амплитуда которых растет (если этому не противодействует никакое «ограничивающее» сопротивление) вплоть до разрушения системы. Это явление наблюдается в шаровом регуляторе Уатта, если он сам не отрегулирован надлежащим образом. Паровая машина работает слишком быстро; регулятор раздвигает свои шары, и пар выходит; машина замедляет работу; шары сближаются, машина работает все быстрее и быстрее, — и все начинается снова. На техническом жаргоне говорят, что регулятор «качает». Такой же недостаток обнаруживается в колонках наших ванн, когда тепловая инерция системы недостаточна (то есть когда слабого изменения теплоты, развивающейся в электрическом сопротивлении, достаточно для быстрого и значительного изменения температуры воды): температура воды увеличивается — ток прерывается; температура уменьшается — и столь же быстро восстанавливается ток; он влечет немедленное увеличение температуры, которое само вызывает прекращение тока, и цикл продолжается безостановочно.

Эта особенность, досадная в машинах, о которых мы только что упоминали, использована в электронике: пусть имеется усилитель, устроенный таким образом, что контур обратной связи соединяет выход со входом. Минимальное увеличение напряжения, произведенное на входе, оказывается значительно увеличенным на выходе. На-

пример, оно возрастает от  $1/10$  вольта до 10 вольт. Но от этого выходного напряжения контур обратной связи отведет небольшую часть к входу, и это новое увеличение, привнесенное на вход, если только оно будет в «фазе» и если контур снабжен резонаторным элементом, снова возбуждает систему. Все повторяется циклически, следуя настоящему ритму, и каждое новое возбуждение еще больше увеличивает напряжение системы: единственным пределом будут возможности ламп усилителя.

Таким образом, как в контуре термомеханическом, так и в электротермическом или электронном или всякой другой авторегулируемой системе могут произойти ритмические колебания. Они называются «самовозбуждаемыми» колебаниями. Форма этих колебаний и кривая, которую они вычерчивают, весьма отличается от таковых для свободного маятника. Чаще всего эти релаксационные колебания ни в какой мере не являются синусоидальными. Однако Ван-дер-Поль, который их исследовал, показал, что путем надлежащей регулировки их можно сделать очень близкими к синусоидальным колебаниям.

### **Самовозбуждаемые колебания в системе «спинной мозг — изолированная мышца»**

Между тем кажется возможным, что самовозбуждаемые колебания встречаются если не в нормальной физиологии, то по крайней мере в физиологии патологической.

Отделим у живой кошки посредством перерезки головной мозг от нижележащих образований. Животное продолжает жить и с этого времени обнаруживает своеобразное поведение, поскольку спинной мозг и ствол мозга освобождены теперь от регулирующего воздействия головного мозга.

Если у таким образом децеребрированного животного мы внезапно согнем заднюю лапу, то констатируем, что эта лапа сотрясается в нашей руке ритмическими толчками, которые будут продолжаться до тех пор, пока лапа удерживается в согнутом состоянии. Это явление клонуса.

Разберем теперь, каков тот сенсорно-моторный контур,

который позволяет осуществить это явление. Сгибание лапы растягивает экстензоры. Это растяжение передается через чувствительные нервы мышц рефлекторным центрам соответствующего уровня спинного мозга; отсюда моторный нерв проводит двигательный сигнал к экстензорам. Мы явно имеем дело с системой, организованной в контур. Но соответствует ли ритм, который мы в этом опыте можем таким образом наблюдать в общих чертах, физическим законам «самовозбуждаемых» колебаний?

Этот вопрос поставили себе Розенблют и Винер. Они приступили одновременно к двум сериям исследований: одни состояли в длинном ряде измерений, выполненных Розенблютом на спинномозговых препаратах дегеребрированной кошки; со своей стороны Винер, зная

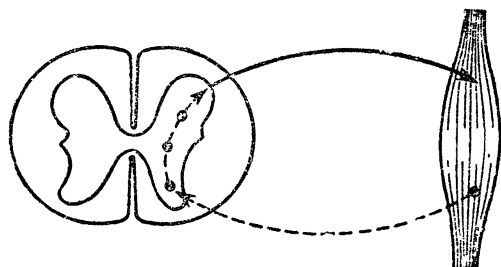


Рис. 8. *Контур, функционирующий посредством самовозбуждаемых колебаний при клонусе спинальной кошки.*

физические характеристики каждого элемента этой системы, попробовал предугадать с помощью вычислений, непосредственно выведенных из работ Ван-дер-Поля, какой должна быть кривая колебаний системы. И эти две серии работ дали согласующиеся результаты. Представляется поэтому верным, что в периферическом отделе нервной системы имеются контуры, способные реализовать явления самовозбуждаемых колебаний, когда контуры эти освобождены от контроля высших центров.

Могут ли эти же явления иметь место в неповрежденной нервной системе? Одно время полагали, что мо-

гут. Сам Ван-дер-Поль некогда сравнивал автоматическое функционирование сердца с такими релаксационными колебаниями; несколько лет назад его концепции привели Майер-Гейне к формулированию целой теории аритмии (1947), но эти работы были совсем недавно опровергнуты в важной работе Пита.

### А в мозге?

С другой стороны, возникает вопрос, существуют ли подобные колебательные контуры на более высоких уровнях нервной системы.

Американский гистолог Лоренто де Но описал в глубине коры головного мозга расположения нейронов в виде замкнутых микроскопических контуров (существование которых, впрочем, признается не всеми нейрогистологами)<sup>1</sup>. Кроме того, в макроскопическом масштабе кора связана с различными ядрами основания мозга, и, владея некоторой изобретательностью, можно представить себе функциональные контуры, идущие между корой и этими различными подкорковыми ядрами. Но недостаточно вообразить эти контуры, чтобы они существовали реально.

Однако на них была построена целая физиология мозговой деятельности, не говоря уже о гипотезе, вскоре, однако, оставленной, которая связывала ритм электроэнцефалограммы с колебаниями такого рода<sup>2</sup>. Бачи и Кейз придумали весьма остроумные схемы, которые объясняли произвольные движения действием контуров, соединяющих центральные ядра мозга с корой, а нарушения этих движений (дрожание, аномальные движения) — нарушениями в этих контурах.

К сожалению, эта столь соблазнительная гипотеза,

---

<sup>1</sup> Эти микроскопические контуры, по-видимому, вызывают повторение импульсов во времени, преобразование одиночного импульса в последовательность из  $n$  импульсов (поскольку имеются в контуре вставочные нейроны). Это — «умножающие», а не «колебательные» контуры.

<sup>2</sup> В самом деле, несколько лет назад Грей Уолтер выдвинул гипотезу, что ритм электроэнцефалограммы объясняется действием колебательных контуров, проходящих между таламусом и корой. Такой ритм существует даже для нейронных скоплений, не упорядоченных в контур, как, например, нервные ганглии жесткокрылых.



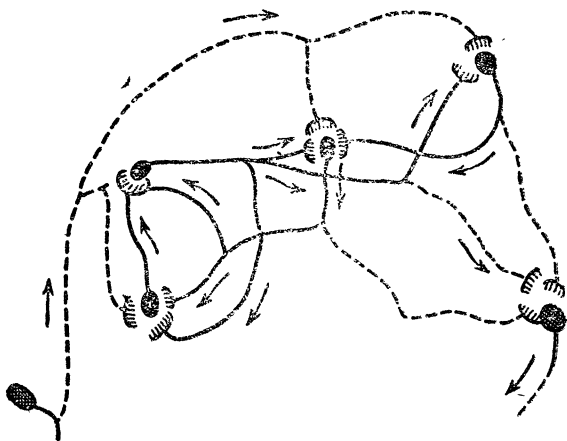


Рис. 9. Пример расположений нервных волокон в замкнутом контуре. Связи в тригеминальной рефлекторной дуге: волокна возвратных связей, указаны сплошной линией; волокна прямых связей — пунктиром. Стрелки указывают направление импульсов (по Лоренто де Но).

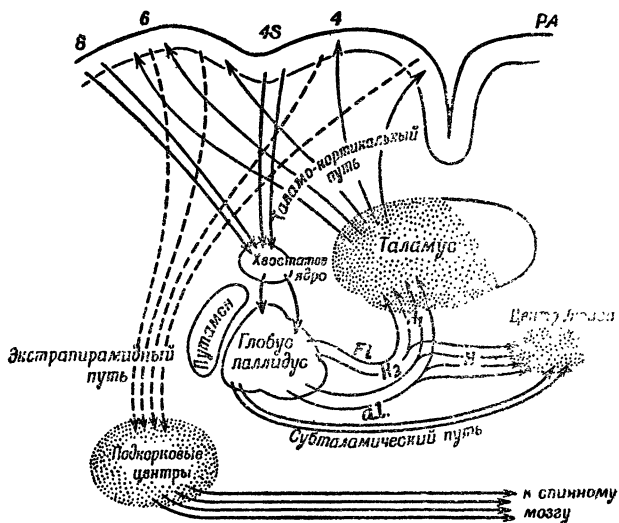


Рис. 10. Замкнутые контуры в мозге (согласно теории Бачи, ныне очень спорной).

хотя она и столкнулась с вескими возражениями<sup>1</sup>, опираясь на констатацию Марионом Хайнсом зон коры, раздражение которых влекло не положительный эффект — возбуждение, а отрицательный эффект — торможение. В дальнейшем существование этих «угнетаемых областей» сначала показалось подтвержденным тем, что в различных пунктах коры были констатированы кризисы торможения электрических явлений, медленно распространяющихся подобно масляному пятну (spreading depression Лео). Но эти явления торможения, вначале рассматривавшиеся как физиологические, оказались связанными с артефактом, с высушиванием препаратов. Заодно и существование угнетаемых областей оказалось взятым под сомнение, и теория Бачи лишилась своей единственной экспериментальной основы.

Мак-Каллок, со своей стороны, построил еще более остроумную гипотезу, которая пытается объяснить, каким образом сенсорные возбуждения, поступающие в мозг, становятся восприятием<sup>2</sup>. Мы знаем, что чувства

<sup>1</sup> Мы уже подчеркивали в 1949 году, что эта теория наталкивается на один прочно установленный экспериментальный факт: декорированные (лишенные коры мозга) кошка или собака не теряют совсем (или почти) своей способности к автоматическим движениям. Это объясняется тем, что кора не используется для таких движений. Если способность к автоматическим движениям и основана на системе колебательных контуров (что остается еще доказать), то эти контуры располагаются не между корой и серыми ядрами.

<sup>2</sup> Примерно в 1949 году нам возвестили, что Мак-Каллок придумал гипотезу, которая объясняет связь между таламусом и зрительной корой; он построил аппарат, который позволяет слепым читать, и этот аппарат порожден самим принципом его физиологической гипотезы. Добавляли следующий анекдот: гистолог Бонин, которому показали планы этого аппарата, узнал в них схему четвертого слоя зрительной коры. И каждый из них приходил в восторг от в высшей степени убедительного значения такого отождествления.

Мы тогда указали, что Мак-Каллок намеревался воспроизвести в своей установке связи между таламусом и корой (связи, простирающиеся на несколько сантиметров). Но если Бонин узнал здесь схему четвертого слоя зрительной коры, то он узнал нечто такое, что Мак-Каллок и не пытался воспроизвести. Следовательно, или тот, или другой ошибался (если только они не ошибались оба). После нам сказали, что этот анекдот, столь распространенный, был недостоверным. Мы указали, кроме того, что Мак-Каллок не нуждался в этой гипотезе для создания своего аппарата. Принципа радара было вполне достаточно (по крайней мере для той части, которая нас интересует). А после нам сказали, что этот аппарат не был построен (что, впрочем, не имеет значения; достаточно, чтобы этот аппарат был задуман).

пространственного расположения (зрение, осязание) проектируются на соответствующую область коры.

Таким-то образом всякий раз, когда какой-либо пункт сетчатки возбужден, возбуждение передается в соответствующий пункт зрительной коры. Следовательно, последнюю можно сравнить с экраном, на котором вырисовывается, непрерывно преобразуясь, движущийся зрительный образ того, что бросается в глаза. Мак-Каллок предположил, что большое сенсорное ядро основания мозга — таламус — постоянно испускает пучок поисковых волн, которые оббегают этот экран совершенно так же, как в телевидении электронный пучок оббегает передаваемое изображение, совершенно так же, как поисковый луч радара оббегает исследуемый горизонт.

Но гипотеза осталась гипотезой. Никаким экспериментальным подтверждением ее не удалось подкрепить.

В целом представляется твердо доказанным, что в периферическом отделе нервной системы существуют контуры, способные функционировать по способу самовозбуждаемых колебаний, *но только когда эти контуры лишены контроля высших центров*. Напротив, до настоящего времени ничто не доказывает существования таких контуров в глубине центральной нервной системы. Кибернетики, допустившие их существование, рассуждали по аналогии. Они экстраполировали. В данном случае экстраполяция выглядит безопасной и почти законной, однако при условии, что ее умеют вовремя остановить.

Впрочем, легко уяснить причину этих обращений к гипотезе. Как замечают Дюбуло и Корриоль, «в настоящее время положительные данные нейрофизиологии можно классифицировать по двум группам: одни суть данные физиологии органов или частей органов, другие добываются до элементарного явления распространения импульса в изолированном нервном волокне или в пучке нервных волокон». Между этими двумя группами фактов связи не установлено. Заманчиво, но опасно заменить эту связь гипотезой, например, перенося сюда то, что было установлено в другом месте. Более законным яв-

ляется, быть может, стремление доказать точность этих гипотез путем воспроизведения структур на экспериментальных моделях. Мы увидим, что и это стремление также не лишено некоторой опасности.

## V

### МАЛЕНЬКИЕ МОНСТРЫ

В XVIII веке де Вокансон построил великолепные автоматы, в том числе игрока в шахматы, действие которого, как предполагают, было полностью механическим. Ближе к нашему времени испанец Торрес-Кеведо создал другого игрока в шахматы, на этот раз электромеханического, достижения которого на первый взгляд поразительны. В момент, когда может начаться партия, игрок-человек располагает единственной фигурой — черным королем. Он им действует по своему усмотрению (но согласно правилам игры). В ответ на каждый его ход две белые фигуры, которые ему противостоят (король и ладья), передвигаются сами. Когда черный король находится под шахом, автомат кричит: «Jaque al rey»<sup>1</sup>. Когда он побежден, автомат кричит: «Мат!» Когда игрок-человек нарушает правила игры, светящаяся надпись возвещает: «Первая ошибка». И если ошибка повторяется, автомат прекращает игру. Все это выглядит чудесной фантазмагорией. На самом деле все происходит автоматически. Партия берется в том положении, когда она может быть только проиграна черным королем (не больше чем в шестнадцать ходов, как говорит шахматная теория). На каждый ход, сделанный игроком-человеком, машина отвечает одним ходом — всегда одним и тем же. И эта стратегия, которая порождена шахматным методом Филidora — Бергера, быстро ведет к мату. Все это является строго автоматическим и предопределенным. Остальное, включая неудовольствие автомата, — лишь забава<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> «Шах королю». — *Перев.*

<sup>2</sup> Существует, по крайней мере в проекте, целая серия машин для игры в различные игры: машины для каталогизирования, машины для игры со строгими формулами, машины, которые прилагают об-

## В поисках свободы или ее видимости

Конструируя «синтетических животных», кибернетики выказывают гораздо больше амбиции. Они намерены оставить далеко позади стадию строгого автоматизма.

В самом деле, к чему они стремятся? Строить машины, которые воспроизводят некоторые черты поведения живых существ; сопоставлять достижения своих маленьких монстров с достижениями животного-модели<sup>1</sup>, извлекать из такого сопоставления некоторое познание механизма, который приводит в движение эту последнюю<sup>2</sup>.

Поведение животного не выглядит строго фиксированным заранее. Когда я рассматриваю ползущего земляного червя, я не знаю, повернет ли он вправо или влево; когда я протягиваю котлету моей собаке, вероятно, что собака на нее набросится, но возможно также, что она будет ее игнорировать или даже отвернется от нее. Поэтому кибернетики постарались наделить свои создания по меньшей мере видимостью свободы. Для этого все они избрали принцип двойного действия, двойной регуляции; достигаемая цель фиксирована заранее; главный двигатель стремится реализовать ее, следуя фиксированной, строго предопределенной программе. Однако в ходе выполнения программы возникают расхождения между предполагаемой целью и реализованным действием; тогда являются вторичные действия для корректирования главного. Эти вторичные действия функционируют посредством обратной связи. Они направляются органами детектирования, исследующими внешний мир; они реализуются вторичными двигателями самоуправляемого типа.

---

щие принципы приближенного соответствия, машины, способные «совершенствовать сами» стратегию, которая им была первоначально «запрограммирована» (такова машина Мура и Шеннона для игры «Нех»; такова также машина Стрэчи (C. S. Strachey) для игры в шашки; гаковы машины Хегельбергера (D. W. Hagelbarger) и Шеннона для игры в орлянку, такова наконец, как по крайней мере кажется, машина Шеннона для игры в шахматы. Критика этих машин привела бы только к повторению сказанного нами далее о вычислительных машинах.

<sup>1</sup> Гасто сказал очень справедливо: опыт особенно поучителен если модель не воспроизводит явления.

<sup>2</sup> Это, как мы видим, очень логичная попытка научной мысли: согласно сказанному Шутценбергером, она состоит в том, что выдвигается приближенная гипотеза, которая затем подвергается анализу и потом сопоставляется с реальностью.

## «Потомство синтетических животных»

Уже в 1929 году на Парижской радиовыставке Анри Пиро показывал пса Филидога, который послушно следовал дорогой, отмеченной электрическим факелом, но который лаял и отворачивался, когда освещение подносилось к нему слишком близко. Другой электронный пес должен был быть показан на нью-йоркской выставке в 1939 году, но накануне открытия, привлеченный фарами автомобиля, он был им раздавлен. Несколько лет назад с целью проверки теории Розенблюта и Биглоу о дрожании В. Винер и Д. Б. Виснер придумали и заказали построить Г. Сингльтону повозку, которая попеременно то привлекается светом, то бежит от него, откуда ее двойное прозвище: Фален и Пюнеза. С 1949 по 1951 год Грей Уолтер, нейрофизик из Бристоля, построил своих знаменитых черепах Эльзи, Эльмер и Кóру, Во Франции, с 1952 по 1954 год Альберт Дюкрот создал своего «первенца» Мизо, затем своих лисиц Джоба и Барбару; наконец, в другом плане, в 1948 году английский психиатр-кибернетик Эшби задумал и реализовал свой необычайный гомеостат — «машину, которая не может служить ничему» (Грей Уолтер).

Эти машины можно распределить по трем группам: фиксированные машины (Эльзи, Эльмер, Мизо); машины, способные развиваться (Кóра, мышь Шеннона, Джоб и Барбара); наконец — гомеостат<sup>1</sup>. Мы сейчас изложим реализованные достижения для каждой из этих групп; мы исследуем, каким уровням нервных структур животного они соответствуют; мы также исследуем, до какой степени они осуществляют то «движение к свободе», которого желали их конструкторы.

---

<sup>1</sup> *Machina Speculatrix* (она же Эльзи [Electro-Light-Sensitive-Internal-External] и Эльмер [Electro-Mechanical Robot!]) была описана во многих статьях, и в частности в статье, озаглавленной «Une imitation de la vie» в журнале «Scientific American» за май 1950 года и в «Journal of Mental Sciences» за январь 1950 года (XCVI, 402—1—31); *Machina Docilis* (она же Кóра [Conditioned-Reflex-Analogue]) — в статье, озаглавленной «A machine that learns» в журнале «Scientific American» за август 1951 года. Мышь Шеннона была описана в его статье: Shannon C. E., Presentation of a maze-solving machine, «Comptes rendus du VIII-me Congrès de Cybernétique, Josiah Masy jr. fundation», New York, 1952, pp. 173—180.

## Машины, фиксированные в своем развитии

(Эльзи и Эльмер Грея Уолтера; Мизо Альберта Дюкрока)

Конструкция двух первых черепах Грея Уолтера является очень простой: два рецептора, один — чувствительный к свету, и другой — чувствительный к толчкам, два двигателя (один заставляет черепаху продвигаться вперед, другой отклоняет ее вправо или влево), — все это взаимосвязано только двумя электронными трубками. У этой главной системы два вспомогательных устройства: одно действует так, что черепаха, привлекаемая слабым светом, уклоняется в то же время от интенсивного света; другое устройство действует так, что, когда заряд аккумуляторов идет на убыль, эти «тропизмы меняются» — черепаха теперь привлекается ярким светом.

Снабженная столь простой установкой, черепаха способна к совокупности движений, которые «подражают некоторым элементарным чертам поведения животных»: слабый свет ее привлекает, сильный свет отталкивает; она спасается тогда под прикрытие какой-нибудь мебели. Если поместить между черепахой и привлекающим ее световым источником препятствие, достаточно высокое, чтобы черепаха могла в него упереться и, однако, достаточно низкое, чтобы световые лучи доходили до нее, то можно наблюдать забавный балет. Черепаха наталкивается на препятствие, отступает, отклоняется вправо или влево, наступает, отступает снова и так далее до тех пор, пока ввиду достаточного отклонения в сторону путь не окажется свободным; маленький монстр идет тогда прямо на свет; создается впечатление, что свет привлекает его. Во время толчка невозможно предвидеть заранее, отклонится ли черепаха вправо или влево; в зависимости от регулировки нельзя предвидеть заранее, будут ли реакции животного «спокойными» или «нервными».

Регулируя различным образом Эльзи и Эльмер, Грей Уолтер получал, таким образом, в их одновременном поведении забавные противоположности между флегматичностью и раздражительностью. Несколько позже, сопоставляя Джоба и Барбару (своих лисиц, снабженных более многочисленными и разнообразными детекторами,



чем черепахи), А. Дюкрок получил ту же самую противоположность, которую он описал следующим образом: «Итак, лис и Барбара дали нам спектакль столь же забавный, сколь неожиданный. В то время как лис мирно продвигался вперед, Барбара ластилась к нему, удалялась, чтобы снова прийти приласкаться, затем отходила, чтобы исполнить несколько курбетов поблизости. Когда животные шли друг другу навстречу, можно было видеть, как они останавливались; большой лис поворачивал тогда голову, в то время как Барбара, казалось, находила удовольствие в том, чтобы засвидетельствовать свою привязанность к старшему брату, и оба снова отправлялись вместе».

Наконец Эльзи и Эльмер, когда заряд их аккумуляторов начинает понижаться, внезапно изменяют поведение: если зажигают очень яркий электрический свет, они устремляются к нему. Если же этот свет находится как бы случайно над пунктом зарядки... то кажется, что черепахи направляются именно к нему.

Прежде чем обсуждать эти достижения, следует сделать одно замечание. Надо по примеру А. Дюкрока<sup>1</sup> рассматривать их объективно и остерегаться их формулировать на произвольно антропоморфическом языке. Противозаконно наносить на схему, озаглавленную «Две минуты из жизни Эльзи»<sup>2</sup>, «напоминающие» надписи, вроде следующей: «Смотри-ка! Свет. Идем туда». Или «Ай, препятствие! Какой толчок!» В уме малокритичного читателя создается досадное смешение того, что может машина, с тем, что мог подумать ее конструктор.

С другой стороны, совершенно нелепо уподоблять, как это делают некоторые комментаторы, возвращение черепах к сильному свету над зарядителем проявлению инстинкта голода.

Учитывая это, в движениях черепах следует различать две серии фактов:

1. С одной стороны, влечение к слабому свету и отступление перед сильным светом<sup>3</sup> или, наоборот, когда

---

<sup>1</sup> «Само собой разумеется, не может идти речи о том, что эти существа являются личностями, так как робот лишен сознания и фактически действует как передатчик нашей мысли» (А. Дюкрок).

<sup>2</sup> В «Time Life».

<sup>3</sup> Это влечение к свету дало черепахе ее «научное» название, за-

заряд аккумуляторов понижается, влечение к сильному свету над зарядителем. Все это есть строго вынужденная реакция. Черепаха, когда она заряжена и когда ее не останавливает никакое препятствие, не может ни отступить перед слабым светом, ни двигаться на сильный свет, так как программа предписывает ей обратные реакции. Так этого захотел конструктор.

2. Реакции перед препятствием. Здесь имеется видимость свободы, гибкости. Но это всего лишь видимость; и нельзя, не насылая фактов, усмотреть здесь, как Грей Уолтер, некоторую способность к различению (даже в зачаточной форме). Несомненно, что черепаха, натолкнувшись на препятствие, с этого момента как бы игнорирует свет и принимается совершать перед препятствием боковое движение, состоящее из продвижений вперед и отступлений, напоминающее движение краба. Но это происходит благодаря устройству, предусмотренному конструктором: маленький монстр построен таким образом, что малейший толчок о панцирь прекращает действие фотоэлемента, и тогда, *но на строго предопределенное время*, двигатели принимаются работать поочередно, реализуя таким образом движение, напоминающее движение краба.

Так что, когда препятствие слишком широко, чтобы его можно было обогнуть за промежуток времени, отведенный для движения, напоминающего движение краба, черепаха упрется в это препятствие. Где же тут гибкость и различение?.. Нет ничего, кроме предопределения, строгого предопределения.

Подобным же образом хотели усмотреть «свободу» в том факте, что черепаха, помещенная между двумя световыми источниками равной интенсивности, поворачивается к тому или другому, причем невозможно предвидеть заранее, к какому именно источнику она повернется. Без сомнения, выбор диктуется тогда случайным фактором, например минимальной разницей в освещении или не менее незначительным перекосом в расположении черепахи относительно двух источников, благодаря чему фотоэлектрический рецептор получает несколько больше света от одного, чем от другого; или какой-нибудь

бавро имитирующее растительную номенклатуру: *Machina Speculatrix*. Комментаторы, не зяющие латыни, пресобразовали эту способность поисков света в способность... умственного созерцания.

неуловимой неровностью сцепления двигательных механизмов. Но это пока только видимость, подобие свободы. Тропизм остается строго детерминированным.

В целом достижения Эльзи, если попытаться сравнить их с какой-либо нервной функцией, по-видимому, можно сравнить с носцептивными рефлексам<sup>1</sup> спинального млекопитающего<sup>2</sup>; следовательно, с функциями аномальными, главным образом автоматическими, полностью управляемыми спинным мозгом и не требующими никакого вмешательства головного мозга. Грей Уолтер справедливо подчеркивает простоту электромеханических структур, которые допускают эту активность его черепахи<sup>3</sup>. Это наводит на мысль, что структуры, реализующие носцептивные рефлексы у животного, являются столь же простыми, что они, следовательно, более простые, чем думали. Но это никак не означает, что структура, которая реализует рефлекс у животного, в точности подобна структуре, которая реализует достижения черепахи.

Другой конструктор, А. Дюкрок, реализовал (октябрь—декабрь 1953 года) синтетических животных того же типа, что и черепахи: «лисиц» Джоба и Барбару. Он умножил число органов информации, наделив свои создания фотоэлементом (светоуловитель), микрофоном (звукоуловитель), уловителями толчков, органами, чувствительными к приближению твердого сопротивления, и даже устройством, которое, заставляя шею животного поворачиваться, придает ему видимость ориентировки. Несмотря на это обогащение органами информации, их достижения являются такими же, как у черепах.

### Машины, способные развиваться

Однако в представлении их конструктора Джоб и Барбара, лис и лиса, способны на большее: они действительно обладают тем, что Дюкрок называет «интегративной памятью». Приводимый в действие толчками, так же как световыми или звуковыми возбуждениями,

---

<sup>1</sup> Ущемление кожи животного влечет двигательные реакции отдергивания конечности и головы.

<sup>2</sup> Млекопитающее, спинной мозг которого изолирован от действия высших центров посредством полной поперечной перерезки.

<sup>3</sup> Это было названо «принципом экономии средств».

специальный двигатель, связанный с потенциометром, непрерывно меняет регулировку последнего; так что его реакции меняются со дня на день, даже с минуты на минуту. А. Дюкрот видит в этой возможности (созданной конструктором) эквивалент тех модификаций поведения, которые жизненный опыт вызывает во всяком человеческом существе. Это уж очень амбициозная интерпретация. Жизненный опыт вызывает, конечно, модификацию в каждом из нас, но то, что запечатлевается таким образом, является не просто пассивным следом испытанного нами столкновения, а следом нашей реакции на это столкновение, нашей реакции с целью приспособиться к нему, выжить.

Ничего подобного нет у лисы и лисенка. То, что инциденты, воздействующие на машины, оставляют у них в виде следа, является всего лишь меткой от удара. В точности так же мой автомобиль после столкновения, слегка искривившего управление, «заносит» вправо или влево.

Со своим третьим созданием — Кóрой — Грей Уолтер показал себя еще более амбициозным. В самом деле, он намеревался построить экспериментальное животное, способное обучаться. По этому случаю он назвал его *Machina docilis*. Точнее, он захотел наделить своего маленького монстра возможностью приобретать условный рефлекс.

Однако если мы хорошо знаем, что такое условный рефлекс, то не знаем вовсе, как располагаются нейронные контуры, поддерживающие условный рефлекс.

Поэтому Грей Уолтер проанализировал этапы установления условного рефлекса. Затем он придумал структурную схему контура нейронов, каждый из которых способен реализовать один из этих этапов. Некоторые детали его изложения позволяют, впрочем, думать, что он придумал эту структуру в большей степени как физик, чем как нейрофизиолог<sup>1</sup>. Поэтому ему было легко придумать затем электронный эквивалент. Он построил

<sup>1</sup> Речь идет о синапсе со свойством давать разряд только в начале раздражения (никакой нейрофизиолог не осмелился бы утверждать существование столь особенных синапсов), о нейроне развединающем и нейроне соединяющем. Кто показал существование нейронов этого типа?.. О введении пульсации в находящийся в состоянии покоя замкнутый контур, который вследствие предшествовавшего снабжения энергией продолжает осциллировать в течение долгого времени; это понятие, принятое в электронной физике, совершенно бесосновательно

Кóру согласно этой последней схеме. Каковы же достижения его третьего создания?

Насколько можно об этом судить по изложению<sup>1</sup>, в котором странным образом смешивается описание того, что реализовано, с тем, что могло быть реализовано, Грею Уолтеру, по-видимому, не удалось связать звук со светом (привить тропизм влечения к звуку над влечением к свету), но удалось связать звук с толчком: Кóра, которая сначала прячется только при одном толчке, прячется также при свистке, когда оба раздражителя сочетаются определенное число раз.

Однако условный рефлекс, вырабатываемый у животного, вырабатывается прогрессивно; он становится все более и более избирательным. Так, например, собака, реагирующая сначала на целую серию близких звуков, реагирует уже только на «ля» третьей октавы; кроме того, условный рефлекс у животного живет. Смотря по обстоятельствам его повторения, повторения или исчезновения первоначального раздражителя, он длится, ослабевает, исчезает или возрождается. А связь, предписанная Греем Уолтером, не обладает, по-видимому, этой гибкостью. Она создается сразу; она живет столько, сколько пожелал Грей Уолтер: точный промежуток времени, который он определил на существование колебательного контура, образующего «память» системы. Наконец (и это видел автор), «в реальном мире всякое животное должно быть готовым ассоциировать какое бы то ни было явление с каким бы то ни было другим», тогда как здесь безусловный и условный раздражители намечены заранее, предопределены. В итоге Грей Уолтер реализовал электронную структуру, благодаря которой он определил заранее реакцию промедления, связанную с запоздалым вмешательством предопределяющего фактора. Нельзя сказать, что он воспроизвел подлинный условный рефлекс во всей его гибкости и жизни. Тем более нельзя сказать, что структура, которую он реализовал, тождественна или даже аналогична структуре, которая поддерживает условный рефлекс животного.

Эта противоположность между гибкостью приобрете-

---

в нейрофизиологии. «Выдвигать что бы то ни было лишь после твердой уверенности в его существовании», — говорил Декарт. Как видно, Грей Уолтер здесь пренебрег этим мудрым наставлением.

<sup>1</sup> «Scientific American», август 1951.

ний животного и негибкостью «приобретений» Кóры заслуживает того, чтобы на ней настаивать. Здесь следует видеть гораздо большее, нежели простую констатацию фактов. Условный рефлекс животного не перестает изменяться, поскольку его создало упорное стремление живого существа приспособиться к постоянно меняющимся условиям внешнего мира, *преследовать свою собственную конечную цель*. Условный псевдорефлекс Кóры негибок, поскольку его создала воля самого Грея Уолтера. Он не отвечает никакой конечной внутренней цели<sup>1</sup>.

### Гомеостат Эшби

Эти поиски конечной внутренней цели Эшби попытался реализовать в странной машине, которую он построил

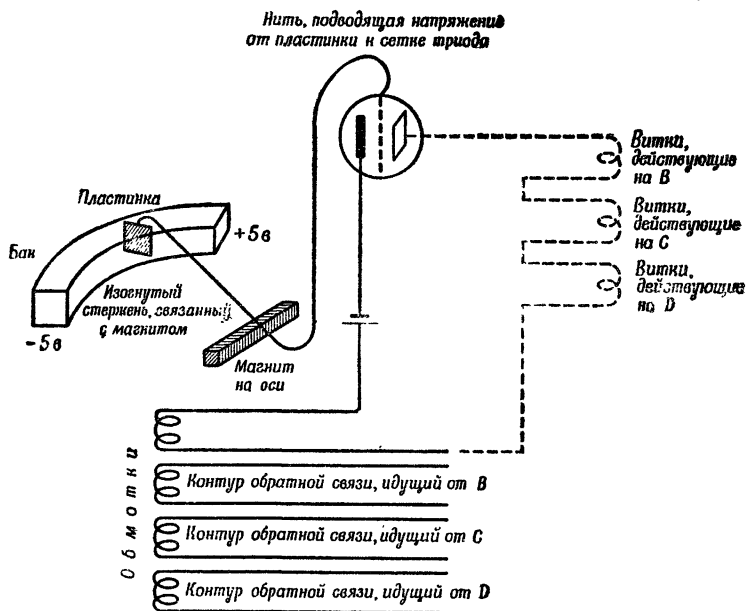
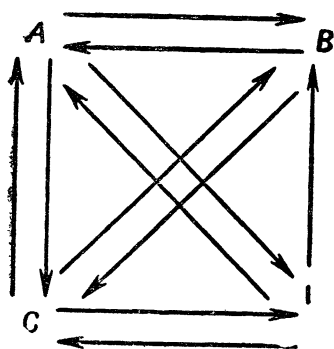


Рис. 11. Схема принципа одного из элементов (А) гомеостата (согласно П. де Латиллю, «La Pensée artificielle»).

<sup>1</sup> Шеннон (несмотря на то, что его мышь, играющая с лабиринтом, и его робот, играющий в орлянку, сами имеют видимость способных к обучению) с большой убедительностью доказал, что во всех этих машинах, «способных обучаться», скрыт некоторый обман, невольный или умышленный.

и назвал гомеостатом<sup>1</sup>. Эта машина образована четырьмя подвижными электромагнитами на осях, связанными между собой посредством таких систем, что всякое изменение положения, претерпеваемое одним из электромагнитов, влечет во всех других каскадную серию реакций и контрреакций. Автоматическая регулировка,



Ф и с. 12. Схема связей четырех элементов гомеостата (по Эшби).

осуществляемая униселектором с 25 позициями<sup>2</sup>, допускает, таким образом, между 4 электромагнитами около 400 000 различных комбинаций<sup>3</sup> и равное число реакций типа обратной связи. При такой системе машина, каковы бы ни были поступившие извне возмущения, предоставленная самой себе, сразу начинает действовать и последовательно пробует столько комбинаций, сколько необходимо для приведения ее электромагнитов в положение

равновесия, которое превращает их в устойчивую систему<sup>4</sup>.

Эшби полагает, что он таким образом реализовал ту способность преследования цели посредством внутренней приспособляемости, которую до сих пор рассматривали как одно из исключительных свойств жизни. Удалось ли ему это на самом деле?.. Позволительно в этом усомниться. Конечно, гомеостат может, если он не достиг цели (равновесие электромагнитов), посредством обратной связи испытать другую, затем третью и столько, сколько нужно — до 400 000 комбинаций, — чтобы добиться успеха. Но число возможных комбинаций, как бы велико оно ни было, остается конечным. Гомеостат спосо-

<sup>1</sup> То есть искателем устойчивости. Грей Уолтер, большой друг Эшби, не без юмора назвал гомеостат так: «Машина, которая не может служить ничему».

<sup>2</sup> Числовые значения этого униселектора были взяты из «таблицы случаев»

<sup>3</sup> Точно 390 626.

<sup>4</sup> Машина преследует эту цель даже при введении в систему целой серии механических возмущений, перечисление которых дает Эшби.

бен в точности на то, на что способен спинной мозг лягушки, когда он отделен от головного мозга посредством перерезки: если пощекотать лягушку в каком-либо месте спины, то ее лапка станет чесать это место, если лапку зажать, это же место станет чесать другая лапка. Речь идет о рефлексе еще очень простом, хотя и интерсегментарном, о рефлексе строго вынужденного характера. Мы далеки от полусвободы, которой уже пользуется условный рефлекс. И однако Эшби желал имитировать именно условный рефлекс: котенок, который коснулся впервые раскаленных углей, обжигается; отныне он будет избегать касаться раскаленных углей. Подвергшись впервые аналогичному нападению, гомеостат сумеет восстановить свое нарушенное внутреннее равновесие; помешенный вторично в те же самые условия, он опять восстановит свое равновесие посредством механизма различных обратных связей; и всякий раз будет одно и то же. Но никогда в противоположность котенку гомеостат не сумеет извлечь пользу из опыта, он будет продолжать испытывать одну комбинацию за другой — без порядка и без памяти<sup>1</sup>, он способен только на то, что предусмотрел его творец. Вне предопределения у него нет никакого шанса на спасение.

Итак, Эшби не удалось избавить своего монстра от предопределения<sup>2</sup>.

Впрочем, когда говорят, что свойством жизни является стремление преследовать цель при помощи внутрен-

<sup>1</sup> Вопреки тому, что пишут иные комментаторы, по мнению которых гомеостат способен обучаться, это предположение порождено одним утверждением Эшби («Design for a brain» в «Electronic Engineering», декабрь 1948 года). Согласно этому утверждению, машина типа Эниак (см. вычислительные машины), примененная к шахматной игре, была бы полностью предопределена. Ее тысячная партия не была бы лучше первой, тогда как гомеостат, примененный к игре в шахматы, не нуждался бы ни в какой предварительной программе. И, как говорит Эшби, гомеостат, играющий в шахматы, было бы легко построить. Однако Эшби его не построил, и это его утверждение осталось без доказательства.

<sup>2</sup> Анонсированный Эшби «мультистат», не считая его замечательного богатства комбинаций, не будет, без сомнения, способен на большее. Позволительно даже спросить, будет ли он ввиду самого этого богатства пригодным для использования. В самом деле, Шеннон замечает (вслед за самим Эшби). «Время, необходимое для нахождения устойчивого решения, возрастает более или менее экспоненциально с числом степеней свободы. При наличии всего лишь двадцати степеней свободы стабилизация системы потребовала бы вре-



ней приспособляемости и добиваться этой цели с ожесточением, всеми средствами, то дают неполное определение. Для живого существа то, что является внутренним (приспособляемостью), не есть только средство, но сама цель: сохранение жизни, сохранение целостности существа путем приспособления к внешней среде. Ничего подобного нет в гомеостате, нет там никакой «внутренней конечной цели». Если живое существо, равновесие которого было нарушено, с упорством испытывает одну за другой все возможности приспособиться к новым условиям, то это объясняется стремлением выжить. Если гомеостат испытывает одну за другой свои 390 625 комбинаций, то только потому, что этого хотел Эшби.

---

мени, равного продолжительности нескольких жизней. Попытки преодолеть эту трудность ведут к довольно сложным мысленным конструкциям, и даже настолько сложным, что становится чрезвычайно трудно решить, в какой степени корректным было бы их функционирование, если их материализовать. Наши математические средства недостаточно изощрены для таких проблем, и была бы в высокой степени желательной более продвинутой экспериментальной работы. [Shannon (C. E.), Computers and automats, «Proc. Inst. Radio Engineers», U.S.A., октябрь 1953, 41, n° 10, p. 1234—1291. Перевод Тесси (H. D. Tassy), просмотрен Раймондом (F. H. Raymond).]

## VI

### ... И БОЛЬШИЕ МОНСТРЫ

Среди машин, построенных человеком, вычислительные машины, очевидно, являются теми машинами, действия которых наиболее непосредственно порождают сравнение с работой ума. В этой главе мы исследуем, по каким вопросам делалось это сравнение, оставляя для последующей главы рассмотрение вывода из важного спора: могут ли эти машины быть названы «думающими»?

#### «Потомство» вычислительных машин

Уже очень давно люди используют материальные элементы для облегчения вычислений: это делает первобытный человек, который помещает камни в сосуд при сложении и извлекает их оттуда при вычитании; шары абакков помогают таким же образом римскому счетоводу, а кости счетов — некоторым школьникам в наше время. Но эти орудия направляются полностью пальцами оператора. Только со времени Блеза Паскаля аппарат, служащий вычислению, обладает некоторым автоматизмом и поэтому заслуживает названия машины.

Машина Блеза Паскаля (1642) имеет, в самом деле, два типа органов:

1) Прежде всего органы, позволяющие установить необходимые связи между машиной и оператором (связующие функции). Такими устройствами являются:

— записыватель, который позволяет «ставить» операцию: чтобы установить какую-нибудь цифру, каждый раз перемещают пальцем диск с вырезом, который

может поворачиваться над числовым циферблатом (в точности, как в автоматических телефонных аппаратах);

— визир с оконцем: результат появляется в виде отчетливых цифр в оконце, где оператор может его прочесть.

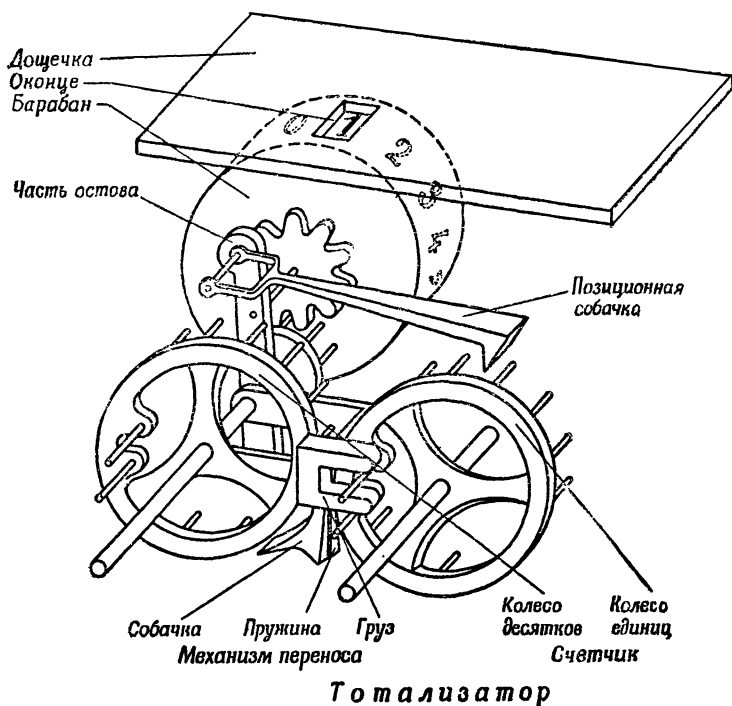


Рис. 13. Механизм машины Паскаля (по энциклопедии Дидро).

2) Затем органы, которые производят операцию.

В машине Паскаля, предназначенной для выполнения сложений, совокупность этих органов называется тотализатором. В состав тотализатора входят два элемента:

а) *Счетчик*: цилиндр с рядом зубцов; всякий раз, когда прибавляется единица, цилиндр единиц, увлекаемый записывателем, поворачивается на один зубец.

б) *Репортер (механизм переноса)*, который является подлинным открытием Блеза Паскаля и который пра-

вильно осуществляет перенос накопленных чисел. Каждый цилиндр имеет десять зубцов; когда в ходе операции цилиндр единиц, поворачиваясь, переходит от зубца 9 к зубцу 0, собачка заставляет диск десятков повернуться на единицу. Если, например, к уже установленным на первом цилиндре 7 единицам прибавляются 4 новые единицы, диск единиц переходит к 8, 9, 0, 1; но одновременно диск десятков перешел от 0 к 1 (перенос накопленных чисел). Итогом, читаемым на визире, будет 11. Точно так же цилиндр десятков увлекает за собой цилиндр сотен, последний — цилиндр тысяч и т. д. Отметим сразу же: если мы проследим, в каком порядке машина Паскаля производит смену элементов операции, то заметим, что этот порядок отличен от употребляемого нами самими, когда мы постепенно записываем различные этапы нашего сложения. Вычислительная машина Паскаля достигает той же цели, что и мы, но делает она это другими путями.

То же самое можно сказать о длинной серии машин, последовавших вслед за машиной Паскаля. И, однако, эти машины весьма разнообразны. Долгое время из-за отсутствия технических средств довольствовались усовершенствованием суммирующей машины; было придумано таким образом около 400 типов тотализатора; диск записывателя был заменен клавишами, оконце визира — устройством, которое печатает результат. Известно, что Лейбниц, увидев в Париже машину Паскаля, задумал (1677), план машины для умножения, но не смог привести его в исполнение. Только в 1896 году Чебышев смог построить первую машину для умножения и деления, но понадобилось ждать еще 30 лет, чтобы это изобретение распространилось.

Однако в 1842 году англичанин Бэбидж попытался построить универсальную вычислительную машину, способную реализовать все мыслимые операции. Затратив огромную сумму в 25 000 золотых фунтов стерлингов (около миллиарда франков по современному курсу), он должен был отказаться от своей попытки, остановленный трудностями технического порядка. План этой машины включал уже элементы, которые мы находим во всех современных больших машинах. В самом деле, к собственному *счетчику* добавлялись: 1-е устройство, которое предписывает элементы операции, или *программа* (реализо-

ванная на перфорированных картах, как в ткацком станке Жаккара), и 2-е устройство, обязанное накапливать частичные результаты для последующего использования и получившее последовательно названия: «магазин» («Scoteg» в Англии), «счетчик резерва» (Куфиньяль), затем память (американские авторы). Этот последний термин — образный, но, быть может, опасно отягощенный антропоморфизмом, — одержал верх.

Первая из больших счетных машин была построена Айкеном (из Гарварда) и инженерами из «International business Machine Corporation» в период с 1938 по 1942 год. Это — Марк I. Действие его «памяти» основано на электромеханическом принципе. Эта «память» является еще недостаточной (74 числа по 23 цифры), хотя ансамбль Марка I имеет размер  $17 м \times 2,5 м$ .

Обращение к электронике позволило добиться большего. В 1943 году появился Эниак (Electronical Numerical Integrator and Computer), построенный Moore School of Engineering в Филадельфии, который позволяет производить много сотен операций в секунду, тогда как Марк I — лишь десяток операций.

Между тем перед войной Л. Куфиньяль во Франции и инженеры «Bell Telephone Company» в США задумали использовать двоичную систему счисления в вычислительных машинах. После войны (1946) оказалось, что технический прогресс, произведенный электроникой и использованием «памятей» (магнитный барабан, катодно-лучевые трубки, системы распространения), недостаточен. Возникла необходимость в общих концепциях. Они были созданы инженерами «Bell Telephone Company», особенно Нейманом, *advanced study* Принстона и Wickes в Англии. С тех пор появился целый ряд прототипов и моделей; некоторые из них эксплуатировались в промышленном плане.

### Достижения

Несколько примеров покажут, чего можно ожидать от этих машин, названных, как известно, «электронным мозгом». Марк I работал два года круглосуточно, чтобы установить таблицы интерполяционных функций Бесселя

для интегрирования произвольных функций; «Sequence Electronic Calculator», выпущенный «International Business Machine», «память» которого может накопить 400 000 цифр, вычислил орбиты пяти внешних планет, с 1653 по 2060 год, с интервалами в 40 дней. Для этого потребовалось 12 миллионов операций. Эти большие вычислители были использованы в самых различных областях: прежде всего в баллистике (см. выше о машине для противовоздушной обороны), при расчете прочности машин; расчет прогибов и деформаций и расчет действия ветра на сооружение; в химии, для изучения фракционных дистилляций; в аэронавтике и гидродинамике, для изучения вариаций; в геометрической оптике, для расчета объективов; в статистическом контроле; наконец, в метеорологии... И этот перечень является далеко не полным.

Эти вычисления было бы большей частью невозможно реализовать при помощи обычных средств, которыми пользуются люди. Как найти группу вычислителей, способных производить круглосуточно по 16 000 сложений или 4000 умножений в секунду? Благодаря современным большим вычислителям можно, с одной стороны, предпринять совокупность вычислений (таких, как долгосрочные метеорологические вычисления), о которых без их помощи нельзя было и мечтать, и, с другой стороны, продвинуть столь далеко теоретическое изучение проектов производства, что становятся излишними дорогостоящие нащупывания и пробы, применявшиеся до сих пор, прототипы, уменьшенные модели, опытные заводы.

*Итак, в количественном отношении триумф вычислительных машин представляется бесспорным.*

Но для интересующихся кибернетикой важно прежде всего исследовать, до какой степени органы и средства, принятые<sup>1</sup> в этих машинах, приближаются к органам и средствам человеческого мозга.

---

<sup>1</sup> Мы оставляем в стороне детские сравнения, которые делает Н. Винер, сопоставляя психические болезни с «болезнями» вычислительных машин, а также сопоставляя терапию этих различных нарушений. Если мой старый автомобиль скрипит и стонет при езде, как старый ревматик, могу ли я сказать, что автомобиль—ревматик? И, если его карбюратор сопит при отпавлении, могу ли я сказать, что он — астматик?

Как мы уже говорили выше, в состав всякой вычислительной машины входят три главных органа: программа, счетчик, память. Вследствие этого мы приступаем к сравнению для каждого из них, после чего перейдем к беглому обзору некоторых второстепенных аналогий.

**Программа.** Вычислительная машина Паскаля действовала только в том случае, когда палец отмечал на записывающем диске цифры, «ставящие» сложение. В этом состояла программа одной элементарной операции. Большие вычислители способны производить уже не одну операцию, но целую серию последовательных операций. Поэтому необходимо снабдить их чрезвычайно подробной программой. Материальный носитель этой программы меняется сообразно случаю.

В первоначальной машине Бэбиджа он изготовлялся в виде перфорированных карт. В большинстве современных вычислителей он изготовляется в виде знаков на киноленте. Но эта программа всегда должна быть предусмотрена и начертана заранее в ее малейших деталях. Машина точно делает то, чего захотел оператор. В программе нет никаких «пробелов», ничего, что было бы предоставлено случайному вмешательству внешнего мира. Эта негибкость противопоставляется, очевидно, свободе человеческого ума: математик сам ставит проблему, которую он будет решать. Он может найти ее «формальное» решение и сформулировать его в нечисловых данных, в общем виде. Ничего такого не может сделать машина. Она не может ни поставить, ни закодировать проблему самостоятельно. Она не может сформулировать ее решение иначе, как в числовых данных. Различие понятно<sup>1</sup>.

**Вычислитель и двоичная система счисления.** Все современные (следовательно, электронные) машины производят вычислительные операции иначе, нежели это делает математик с помощью своего ума и куска мела. В этом различии метода нет, впрочем, ничего удивительного. Л. Куфиньяль подчеркивает: существует много

---

<sup>1</sup> Если только не переставлять сравниваемые объекты и не говорить, что ум снабжает мозг «своей программой», как обслуживающее лицо снабжает программой машину.

способов решения одной проблемы и даже осуществления одной операции; машины имеют право действовать иначе, чем человек.

После введения двоичной системы счисления<sup>1</sup> этот вопрос ставится несколько иным образом. Если двоичная

<sup>1</sup> *Двоичная система счисления.* В обычной десятичной системе счисления (обязанной своим происхождением, вероятно, тому обстоятельству, что первобытные люди считали при помощи своих пальцев) последовательные цифры какого-либо числа, начиная справа, представляют единицы, десятки, сотни и т. д. Иначе говоря, различные разряды суть последовательные степени десяти:  $10^0$ ,  $10^1$ ,  $10^2$ ,  $10^3$  и т. д. В двоичной системе счисления различные разряды суть последовательные степени двух:  $2^0$ ,  $2^1$ ,  $2^2$ ,  $2^3$  и т. д., и каждый разряд располагает уже не десятью знаками (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9), а всего лишь двумя (0 и 1).

(В дальнейшем, чтобы избежать всякого смешения, мы будем записывать числа в двоичной системе счисления курсивом, а числа в десятичной системе счисления—прямым шрифтом).

В двоичной системе счисления любое число можно записать при помощи этих двух знаков: 0 и 1. Например, целые числа от 1 до 10 запишутся так.

Двоичная система: *1, 10, 11, 100, 101, 110, 111, 1000, 1001, 1010*

Десятичная система: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

Двоичная система значительно упрощает операции. В самом деле, вот таблица сложения:

$$\begin{aligned} 0 + 0 &= 0 \\ 0 + 1 &= 1 \\ 1 + 1 &= 10 \end{aligned}$$

и таблица умножения

$$\begin{aligned} 0 \times 0 &= 0 \\ 0 \times 1 &= 0 \\ 1 \times 1 &= 1 \end{aligned}$$

Вот пример сложения.

$$\begin{array}{r} + \textit{1001} \\ \textit{111} \\ \hline \textit{10000} \end{array} \quad \text{или} \quad \begin{array}{r} + 9 \\ 7 \\ \hline 16 \end{array}$$

и пример умножения:

$$\begin{array}{r} \times \textit{1001} \\ \textit{111} \\ \hline \textit{1001} \\ \textit{1001} \\ \textit{1001} \\ \hline \textit{11111} \end{array} \quad \text{или} \quad \begin{array}{r} \times 9 \\ 7 \\ \hline 63 \end{array}$$

Операции, очень сложные в десятичной системе счисления, такие, как извлечение квадратного корня, становятся в высшей степе-



система счисления столь удобна для электронных вычислителей, то это потому, что она допускает замечательное упрощение элементарных органов счета: каждый из них, вместо того чтобы требовать десяти возможных состояний, нуждается теперь всего лишь в двух<sup>1</sup>— одного, соответствующего 0, и другого, соответствующего 1 двоичной системы счисления<sup>2</sup>. А такое положение легко реализовать, соединяя попарно триоды, согласно системе, называемой «flip-flop», или «качелями ЭGGLE-Журдана»<sup>3</sup>.

В этой системе каждая пара допускает при каждом импульсе всего лишь два возможных исхода: ток либо проходит, либо не проходит; это—1 или 0; это—знак или отсутствие знака; это — «да» или «нет»; это — «все или ничего».

---

ни простыми в двоичной системе счисления, так как они не требуют более никакого нащупывания: тотчас видно, следует ли испытать 0 или 1.

Наоборот, количество необходимых цифр для записи числа является, исключая случай единицы, значительно большим, чем во всякой другой системе и, в частности, в десятичной. Нужно четыре цифры для записи 8 (1000) или 9 (1001), десять цифр для записи 1000, четырнадцать для записи 9000 (10 001 100 101 000), тридцать для записи 1 000 000 000.

<sup>1</sup> Несомненно, при этом требуется больше элементарных органов счета. Но требуется в итоге меньше «элементарных состояний». Например, чтобы зарегистрировать первые целые числа от 0 до 999 999 999 (или миллиард чисел), при десятичной системе требуется девять органов по десять состояний, или 90 состояний; при двоичной системе требуется тридцать органов по 2 состояния, то есть 60 состояний.

<sup>2</sup> Можно рассматривать 1 и 0 двоичной системы счисления как знак или отсутствие знака (сообщение или отсутствие сообщения), что может быть интерпретировано механически, электрически, магнитно, фотографически и так далее всякий раз очень простым образом: клавиша, нажатая или не нажатая; карта, перфорированная или не перфорированная; сигнал или отсутствие сигнала на магнитном носителе; пятно или отсутствие пятна на фотографической эмульсии.

<sup>3</sup> Эта установка реализуется путем спаривания триодов таким образом, что напряжение на сетке одного управляется анодным током другого и наоборот. Поэтому каждая пара имеет всего два устойчивых состояния, одно из которых используется для представления 1, а другое—для представления 0. Всякий раз, когда пара получает импульс, она «перебрасывается», чтобы вызвать испускание нового импульса, который может быть использован, чтобы перебросить другой «flip-flop», и так далее. Мы видим всю пользу, которую можно извлечь из этой установки, реализующей весьма просто двоичный перенос накопления, когда известно, кроме того, что перебрасывание, переход из одного состояния в другое, занимает всего лишь несколько миллисекунд.

Все или ничего... Вот понятие, весьма знакомое всем нейрофизиологам. Действительно, нервная клетка таким же образом отвечает на возбуждение: либо возбуждение достаточно, чтобы вызвать ответ, и ответ производится (и сила ответа не увеличивается при дальнейшем увеличении интенсивности возбуждения); либо возбуждение слишком слабо, и клетка не отвечает. Это — все или ничего.

Некоторые авторы захотели увидеть в этом случайном обстоятельстве отголосок таинственной аналогии природы. Нервная клетка, заявили они, и пара «flip-flop» — обе соблюдают закон все или ничего, обе функционируют по двоичному принципу; нельзя ли вследствие этого полагать, что мозг функционирует, считает, как машина? Таким образом, оказалась бы «ликвидированной» существующая со времен Паскаля противоположность между умом и машиной в способе вычислять.

Но в действительности это согласование объясняется гораздо более общим законом: каковы бы ни были элементы, которые комбинируются между собой, комбинируются ли понятия или материальные объекты, очевидно, что чем меньше число компонент, тем проще, легче осуществить комбинацию. Если конструктор принял двоичную систему счисления, то лишь в связи с ее простотой: она имеет только две компоненты. Если нервная клетка отвечает в двоичной модальности, это происходит на том же основании простоты. В обоих случаях проявляется весьма общий закон экономии средств. Здесь согласование останавливается. Распространять его далее — значит бесосновательно экстраполировать<sup>1</sup>. Экстраполя-

---

<sup>1</sup> Машина великолепно применяется к двоичной системе счисления. А человек? Взрослый человек, математически слабо подготовленный, испытывает очевидное затруднение при пользовании ею. Правила ее операций являются, конечно, простыми. Но числа кажутся ему длинными, очень длинными и монотонными (состоящими только из 0 и 1); записывание операций кажется ему скучным и долгим, гораздо более долгим, чем в десятичной системе счисления. Только следует спросить, не вызывается ли это затруднение тем, что взрослый долгое время тренировался считать и оперировать в десятичной системе? И, конечно, чтобы разрешить этот вопрос, следовало бы провести эксперимент с двумя группами детей, одна из которых научена двоичной, а другая — десятичной системе счисления, и сопоставить результаты. Таким образом можно было бы узнать, заставит ли легкость операций отдать предпочтение двоичной системе счисления, как в случае машины. Если нет, то апперцептивные возможности

цией является заключение: ум и машина вычисляют одинаковым образом.

### Электронная «память» и различные ее виды

Все современные вычислители нуждаются в регистрации своих частичных результатов, для того чтобы их ввести снова в готовом виде впоследствии, когда они станут нужны. Электронные «памяти» достигают, таким образом, регистрации до 400 000 цифр.

В Марке I эта регистрация осуществлялась на перфокартах. В Эниаке эта слишком медленная процедура была заменена процедурой циркулирования импульсов в ртутных трубках. В этих трубках сами цифры продвигаются в виде ультразвуков; на выходе пьезоэлектрическая кварцевая пластинка трансформирует их в электрические волны, которые циркулируют затем к входу трубки, где новая кварцевая пластинка снова трансформирует их в ультразвуки. В других машинах цифры регистрируются на киноленте в виде черных и белых точек; в других—в виде магнитной ориентации оболочки некоторого цилиндра (магнитный барабан), ленты или проволоки, когда сама проволока не образует регистрирующей среды; еще в других—на трубках, аналогичных крошечным трубкам, применяемым в телевидении, в виде различных электрических потенциалов, которые непрерывно облучаются пучком катодных лучей.

Но все эти системы, называемые «линейными памятьми», имеют то неудобство, что регистрируемые цифры не готовы для немедленного использования их счетной машиной. Они готовы только тогда, когда орган чтения появляется через правильные интервалы, чтобы встретить их на материальном носителе. Поэтому стали искать системы, в которых цифры были бы готовы для немедленного использования. Задуманный для машины Принстонского университета, но не реализованный селектор Райхманна, способный регистрировать десять тысяч сиг-

---

применяются лучшим образом к более коротким рядам цифр и человеку предпочтительно действовать более сложным образом, но менее длинным путем—применяя десятичную систему. Любители филологии не преминули бы тогда усмотреть в этой большей легкости следствие того факта, что десять пальцев были нам даны... несомненно, для того, чтобы в первую очередь считать

на тов на окружности цилиндра, принадлежит к типу «памятей с прямым доступом». Были спроектированы или реализованы многие другие модели.

Каковы же соответствия, которые пожелали усмотреть между этими органами регистрации и человеческой памятью? Любители экстраполяции объявили: поскольку такая-то вычислительная машина имеет две памяти<sup>1</sup>: одну — для данных, готовых к немедленному использованию, другую — для данных, подлежащих длительному хранению, — то можно быть почти уверенным, что точно так же двойной должна быть человеческая память. С таким же успехом можно было бы сказать: поскольку память Эниака является одинарной, такой же должна быть и человеческая память. Подобным же образом мы расправились (глава III) с уподоблением диодной лампы клетке Пуркинье.

Более допустимым было сравнение памяти на ртутных трубках Эниака с некоторыми замкнутыми контурами нервной системы. Но мы видели в главе III, что существование этих замкнутых контуров, достоверное для спинного мозга, весьма сомнительно для головного мозга, следовательно аналогии не достаёт основательности<sup>2</sup>.

Л. Куфиньялю принадлежит другое интересное сравнение. Трубки Вильямса хранят следы цифр в виде статических поляризаций. Не может ли быть того же самого в человеческой памяти, и в той мере, в какой человеческая память имеет материального носителя, не образован ли этот носитель особой поляризацией некоторых клеток или некоторых из тех мест соединения между клетками, которые называют синапсами? Это возможно, но еще отнюдь не доказано.

---

<sup>1</sup> Эта дуальность устройства подсказана следующим рассуждением: числа, хранимые при вычислении, бывают двух категорий. Одни, в небольшом количестве, должны использоваться очень часто. Их хранение могут обеспечить диодные лампы. Другие, в большем количестве, входят в цикл вычислений только в момент, фиксированный программой. Память на материальном носителе в состоянии справиться с их хранением. Отсюда двойная «память».

<sup>2</sup> Впрочем, эта память, основанная на циркулировании импульсов в ртутных трубках, имеет мизерный полезный эффект. Нагревание трубок делает столь возможной ошибку, что, если бы память функционировала на одном «счетчике», Эниак совершал бы 80% ошибок. Но вычисление производится дважды, и результат «выходит» только при совпадении обоих результатов, так что в целом машина не ошибается.

К тому же полное уподобление «памятей» машин человеческой памяти наталкивается на сложность последней. Она способна регистрировать, сознательно или нет, способна забывать, но забыть либо на короткое время («перебой сердца» Пруста), либо совсем, способна забыть вследствие незаинтересованности или вследствие избыточной аффективной нагрузки. Насколько эта пластичность нашей памяти противоположна памяти машины, негибкость которой как раз подчеркивает Л. Куфиньяль<sup>1</sup>

### Аналоговые машины

Математика нас учит, что значения переменных физических величин можно представить или совершенным образом — точками сегмента прямой или дуги некоторой

---

<sup>1</sup> Недавно Шеннон (цит. выше) провел убедительную критику слишком поспешных сравнений мозга с вычислительными машинами. Он подчеркнул следующие различия:

1° *Количественное различие.* Число нейронов ( $+10^{10}$ ) есть величина, приблизительно в миллион раз превосходящая число элементов самой большой вычислительной машины. Это различие делает несерьезной экстраполяцию функций.

2° *Различия в структуре.* Структурная неподвижность машин (одна неправильная связь нарушает все функционирование) противопоставляет гибкости мозга, организованного таким образом, что его глобальное функционирование не зависит от точной структуры всех его деталей.

3° *Различия в надежности.* Хотя каждый функциональный элемент мозга, по всей вероятности, гораздо менее надежен, чем элементы вычислительной машины, мозг может функционировать всю жизнь без серьезных нарушений, что не имеет места в случае вычислительных машин.

4° *Различия в логической организации.* Они настолько велики, что превосходят всякое воображение. В общем они могут быть сведены к следующему. Мозг существенным образом пластичен, он способен к самоорганизации, к приспособлению к огромному числу различных ситуаций. Его возможность запоминания, припоминания, локализации зарегистрированных фактов, его способность устанавливать новые устойчивые связи между чувственными, сенсорными «входами» и двигательными «выходами», — все это противопоставляет *функциональной неподвижности* вычислительных машин, которые выглядят в противоположность мозгу «как ученые идиоты». Чтобы в этом убедиться, достаточно рассмотреть трудность, возникающую при приспособлении вычислительной машины к новой деятельности, при снабжении ее новой программой.

5° *Различия в оборудовании входами и выходами.* Не может быть никакого сравнения между, с одной стороны, богатством чувственно-сенсорных органов информации и железистых эффектов, или

кривой, или же приближенно—рациональными числами. Имеются способы перехода при помощи вычисления от числового изображения к изображению графическому и обратно.

Поэтому попытались построить машины, которые давали бы автоматически графическое представление, «интеграл» дифференциальных уравнений.

Лорд Кельвин придумал принцип. Этот принцип мог быть реализован впервые в электромеханической форме только сравнительно недавно в виде *дифференциального анализатора* Ваневера Буша. Впоследствии были построены другие *аналитические машины*, которые основаны уже на чисто электронном принципе. Мы не описываем этих машин, впрочем очень сложных. Подчеркнем лишь несколько особенностей их действия. Прежде всего эти машины вместо рациональных чисел (как вычислительные машины), следовательно величин прерывных (переход от 1 к 2 не непрерывен), имеют дело с графически выраженными величинами, следовательно с непрерывными величинами (кривая образована — идеально — непрерывным рядом бесконечно близких точек). Говорят, что они непрерывного действия, но это верно лишь идеально. Действительно, если человеческий ум способен постичь — идеально — законченную кривую. строго непрерывную, то самая совершенная машина не способна ее реализовать: она проводит скачкообразно ряд отрезков прямой, совокупность которых представляет в общих чертах кривую. Различие между тем, что может постичь ум, и тем, что может реализовать машина, усматривается сразу.

Затем в этих машинах связи между двигательными органами (которые переводят в пространство соотношения между элементами вычисляемых математических функций) осуществляются по типу сервомеханизмов, по

---

двигателей мозга, и с другой стороны, «патетической» бедностью органов информации машин (даже система идентификации звуков Одри (Audrey) способна на распознавание всего лишь десяти звуков) или эффекторов машины (даже если говорить о фрезерном станке М. I. Т.).

Мак Каллок очень картинно (но ограничиваясь количественной стороной вопроса) пишет, что машина с таким же богатством элементов, что и в мозге, нуждалась бы для их размещения в помещении, равном «Эмпайр стейт билдинг»; для снабжения их энергией она нуждалась бы в Ниагарском водопаде и для их охлаждения—еще в одном Ниагарском водопаде.

типу обратной связи, которую мы изучали в главе III. Более того, дифференциальный анализатор приходит, таким образом, к поддержанию состояния равновесия, при котором один или несколько его органов находятся постоянно на значении 0. Здесь мы видим, как возникает то же самое сравнение, которое внушило построение гомеостата Эшби: строить аппарат, непрерывно поддерживающий и восстанавливающий состояние внутреннего равновесия точно так, как это делает мозг.

Но Л. Куфиньяль сам подчеркивает границы этого сравнения: «Недавней работой Х. Бюхнера установлено, что дифференциальный анализатор, сколь бы сложным он ни был, не может интегрировать уравнений типа, отличного от системы уравнений Пфаффа»... Поэтому «категория мышления, которая образует математику—и которая а priori не содержит всех возможных мыслей,—не может быть представлена во всей своей полноте дифференциальными анализаторами. И следует заключить, что нервная система... либо не может автоматически произвести всего мышления, либо предназначена для иных функций, отличных от поддержания мгновенного равновесия, механическим подобием чего служит дифференциальный анализатор». Мы знаем, что подобным же образом вычислительные машины типа машины Тьюринга (1936) не могут вычислять всё. Некоторые проблемы им недоступны.

### Машина и план

Кроме того, если нервная система непрерывно поддерживает внутреннее равновесие организма, то это потому, что такое равновесие необходимо для поддержания жизни, для поддержания самого организма. Ничего подобного нет в машинах. Им не свойственна никакая конечная цель. Дифференциальный анализатор поддерживает 0 постольку, поскольку этого захотел конструктор и поскольку этого хочет программа, начертанная оператором.

Это наблюдение подводит нас к постановке вопроса о предварительной программе. Машина она необходима, она ей навязана извне. У человека же—ничего подобного и, как пишет Куфиньяль: «Если искать аналогию ансамбля (нервной системы) с арифметическими машинами—даже, например, ставя себе ограниченную проблему

определить, какие системы нейронов предназначаются для арифметических операций,—то следует признать, что мозговой аналог общей программы этих машин еще не найден. Еще в большей степени это относится к нервной системе — автору этой программы».

### Логические машины, машины для перевода

Чтобы составить себе представление о том, что носит название механической логики, можно прочесть уже цитированную книгу Л. Куфиньяля. Понятно, что эта система включает в себя огромную работу предварительной «программы»: искать, следуя принципу Паскаля, для всех данных некоторого рассуждения элементы их определения; восходить от определения к определению к тем свойствам, которые не могут быть определены и которые называют «предикатами; наделять каждый из этих предикатов знаком, заимствованным из двоичной системы счисления. Далее, приводить каждый логический вопрос к некоторому математическому понятию так, чтобы его можно было реализовать в форме математической операции. Применить затем эти математические операции к предикатам.

Ясно, что машина в состоянии справиться с этой последней работой. И, конечно, ее возможность работать очень быстро и поэтому вбирать в себя огромное число предикатов может принести ей пользу, дать ей определенное количественное превосходство. Однако машины не в состоянии осуществить других этапов операции: вычислить предикаты, распознать их истинность, другими словами, установить посылки логической операции, что как мы знаем после Декарта, представляет действительно существенный этап.

А это, будучи под силу только человеку, потребовало бы для снабжения машины необходимыми данными (относящимися уже к классификации сущностей, а не чисел) такой работы перечисления, подсчетов, что можно спросить: в чем же состоит выгода<sup>1</sup>? Эта работа по-

---

<sup>1</sup> Мак Каллум (D. M. McCallum) и Смит (J. B. Smith) описали в 1951 году («Mechanized Reasoning» в «Electronic Engineering», апрель, 1951) логическую машину, способную решать проблемы в следующем роде. «Известно, что коммерсанты говорят всегда истину и что инженеры говорят всегда ложь. G и F—коммерсанты. С объяв-



казалось бы — а priori — еще гораздо большей (с еще более гипотетическими результатами) при установлении, как того желает Альберт Дюкрот, целого языка в двоичной системе счисления. Поэтому можно с полным правом проявить некоторый скептицизм по поводу применения вычислительных машин вне области математики<sup>1</sup>.

---

ляет, что D—инженер. A объявляет, что B утверждает, что C уверяет, что D говорит, что E настаивает на том, что F отрицает, что G—коммерсант. Если A—инженер, то сколько всего инженеров в этой группе лиц?» (Согласно Шеннону, цит. выше.)

<sup>1</sup> Насколько это известно к моменту, когда пишутся эти строки, превращение одного из американских больших вычислителей (JVM 701) в машину для перевода потребовало предварительного установления настоящего числового кода, соответствующего каждому слову переводимого языка, и другого числового кода, соответствующего каждому слову языка, на который должен быть переведен текст. Это превращение потребовало, кроме того, установления дополнительных кодов, позволяющих добиться грамматического исправления, хотя бы приблизительно. Так что общая программа машины должна быть чрезвычайно разработанной в деталях: все строго предопределено, всякая собственная активность машины сводится к регистрации согласованности между параллельными сериями сигналов. Кроме того, использование машины включает по меньшей мере один предварительный этап, требующий активной работы обслуживающего лица: это—переложение переводимого текста на язык чисел на перфорируемых картах.

Всегда должен быть человек, делающий перевод. Только не с одного языка на другой, а с одного языка на числовой язык.

## VII

### ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИИ

Как мы уже говорили во введении, именно проблемы телекоммуникации привели Винера к кибернетике. Действительно, его первая книга озаглавлена: «Кибернетика, или наука информации и коррективы». До сих пор мы оставляли в стороне этот довольно сухой аспект вопроса. Нам следует его рассмотреть, прежде чем перейти к заключению.

#### Информация

Человек общается с другими людьми посредством слов и жестов. Он может делать это косвенно, записывая свое сообщение при помощи установленного сигнала, который сохранится во времени. Бродяги отмечают мелким крестом или кругом хорошие или плохие дома; культурный человек может в письменной форме выражать свою мысль, сохраняя ее на длительное время. Человек может, наконец, доверить свою мысль в строго кодифицированной форме машине, которая передаст ее на расстояние.

Но человек обменивается сообщениями также с другими существами, отличными от него: я делаю это, когда подзываю свою собаку и когда та в ответ визжит от радости. Этот обмен производится также с неживым миром: появление над морем облака в форме перевернутого рога уведомляет навигатора об опасности.

С другой стороны, животные общаются между собой: зрение, обоняние, слух сотрудничают у многочисленных видов при подготовке любовной страсти. Сами машины могут испускать, принимать и использовать сообщения: автоматический выключатель моего электрического

отопления получает каждый вечер в 22 часа сообщение, выпущенное электростанцией, которое включает ток; автоматическая дверь станции метро получает при подходе состава к станции электрическое сообщение, которое ее закрывает; вычислительные машины могут даже регистрировать и хранить сообщения, чтобы использовать их в дальнейшем. Наконец, как мы знаем, все самоуправляемые машины получают сообщения из внешней среды, чтобы внести коррективу в свои действия с целью увеличения, насколько это возможно, их эффективности.

Мы вновь обнаруживаем здесь хорошо знакомую нам параллель между нервной системой и машиной. Одно интересное сравнение в этой области было указано Дюбуло и Корриолем: формула  $K E t - V O = C K$  выражает, что телефонное реле действует лишь при наличии некоторого напряжения и что продолжительность возбуждения должна быть пропорциональной квадрату этого напряжения возбуждения. Можно приближенным образом применить ту же формулу к вопросу о возбуждении нейронов (соотношения между реобазой, предписанным временем и напряжением возбуждения).

### Что такое сообщение?

Сигнал, даже элементарный (например, если угодно, пистолетный выстрел, дающий старт забега; или же проходящая волна, которая включает в 22 часа мое электрическое отопление), располагается во времени, развертывается во времени (каким бы кратким оно ни было). Даже записанный сигнал (крест, начертанный на двери бродягой) читается во времени.

Тем более, полное сообщение, составленное из последовательности ряда сигналов, располагается во времени, поскольку сигналы располагаются именно в хронологическом порядке. Согласно замечанию Т. Гильбо, здесь хозяин—время, всякая связь—временная и всякое сообщение является хроникой<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Винер, с другой стороны, говорит: мир составлен из «pattern» (моделей—в смысле шаблонов). Всякая «pattern» образована элементами, расположенными в некотором порядке. Сообщение есть не что иное, как «pattern», элементы которой располагаются во временном ряде. Все, что мы будем излагать о сообщениях, распространено Винером на «pattern» вообще.

## Количество информации

Усовершенствование телефонии привело к исследованию того, какова пропускная способность той или иной телефонной системы, сколько сообщений может проходить по «коаксиальному» кабелю одновременно, оставаясь понятными, иначе говоря, какова ценность информации сообщений, передаваемых телефонным способом.

Обобщая, Винер поинтересовался, можно ли измерить ценность информации некоторого сообщения.

Сообщение выглядит тем более значительным, тем более способным служить информации, чем менее оно подвержено возможности быть случайно встреченным.

Другими словами, количество информации, насыщение информацией некоторого сообщения будет тем большим, чем меньше это сообщение имеет шансов быть случайно встреченным.

Пример: бойскауты проводят «игру». Они оставляют для тех, кто следует за ними, знаки на дороге. Условный знак для указания направления, которое надо выбрать, образован двумя расположенными крестом листьями дерева. Ясно, что образуемое этим знаком сообщение будет в высокой степени значительным, если этот знак расположен на дороге, проходящей по голой местности. Оно будет гораздо менее значительным, если этот знак расположен на лесной тропинке, уже покрытой упавшими листьями.

Итак, значительно легче обнаружить необычное, чем обычное. Необычное обнаруживается в качестве неожиданности, а обычное—нет. Из этого следует, что сообщение имеет тем больше шансов «служить информации, чем оно необычнее.

«В самом деле, рассмотрим, — говорит Луи де Бройль,—простой случай передачи сигналов, например случай передачи телеграммы по обычному телеграфу Морзе, где передатчик электрических сигналов связан с приемником посредством проводящей линии. Если мы пошлем некоторое сообщение по этой линии, то очевидно, что ряд сигналов, образующий это сообщение и соответствующий словам и фразам, будет а priori в высокой степени маловероятным. Так как сигналы Морзе могут быть только двух видов—тире и точки, то наибо-

лее вероятными будут такие ряды сигналов, в которых сигналы следуют по линии один за другим случайно и каждый сигнал, выходящий из передатчика, имеет вероятность  $\frac{1}{2}$  быть тире или точкой: это было бы бессвязное и бессмысленное сообщение, какое мог бы передавать сумасшедший телеграфист, выстукивающий без различия тире и точки своим телеграфным ключом. Становится тогда очевидным, что осмысленное сообщение, доставляющее информацию, есть явление крайне маловероятное, будучи предписано мыслью отправителя и правилами языка для выражения этой мысли. Мы замечаем, следовательно, что здесь должно иметь место нечто вроде обратного отношения между передаваемой сигналами информацией и вероятностью данного чередования сигналов во времени, поскольку информация будет тем большей, чем вероятность... этого ряда сигналов будет более незначительной»<sup>1</sup>.

### Информация и энтропия

Известно, что второй закон термодинамики Карно (1824), дополненный Клаузиусом в 1854 году, постулирует, что в физической теплоизолированной системе физические изменения совершаются в направлении прогрессирующей деградации порядка, сложности и энергии системы. Это необратимое движение к неорганизованному было квалифицировано Клаузиусом как возрастание энтропии. И второй закон Карно стал законом Карно—Клаузиуса, или законом возрастания энтропии.

С развитием классической физики закон Карно—Клаузиуса был интерпретирован в статистическом смысле. Энтропия системы оказалась при этом прямо связанной с вероятностью пребывания системы в рассматриваемом состоянии. Закон Карно—Клаузиуса выражает поэтому тенденцию всякой системы эволюционировать к наиболее вероятным состояниям (Луи де Бройль).

---

<sup>1</sup> Винер попытался установить точную зависимость между информацией и вероятностью. В то время как вероятности, рассматриваемые независимо, соединяются путем умножения, информация соединяется путем сложения. Зависимость между количеством информации, доставляемой некоторым сообщением, и вероятностью последнего устанавливается, следовательно, между числами умножаемыми и числами складываемыми. Количество информации, содержащейся в сообщении, и вероятность этого сообщения связаны между собой отрицательной логарифмической зависимостью.

Но мы видели выше, что ценность информации изменяется в обратном отношении к вероятности. Следовательно, она изменяется также в обратном отношении к энтропии; согласно Винеру, «так же как энтропия в изолированной системе стремится самопроизвольно увеличиться, информация стремится уменьшиться; так же как энтропия есть мера беспорядка, информация есть мера порядка»<sup>1</sup>. Все это находит довольно ясное объяснение, если заметить, что сигнал в данном случае могут образовать только разнородные элементы; что всякий сигнал предполагает некоторую дифференциацию; что, следовательно, в конечном счете, там, где нет дифференцирования, в недифференцированном, невозможно иметь сигнал.

Это отношение обратной аналогии между количеством информации и энтропией не было единодушно принято. Эгрен заинтересовался, действительно ли возможно определить количество информации само по себе, не учитывая употребления, которое хотят из нее сделать. Л. Бриллюэн указывает, с другой стороны, что если при взаимообмене двух тел одно из них обнаруживает увеличение своей энтропии, то это всегда бывает за счет другого тела. Но ничего подобного нет, когда речь идет об информации. «Если я посылаю вам,— говорил Луи де Бройль,— телеграмму; чтобы возвестить о падении министерства, я доставляю вам информацию, но в то же время не теряю ее сам». Вычислительная машина сама прекрасно может сообщить органу использования частичный результат, накопленный в ее «памяти», не теряя из-за этого след результата.

И, однако, искажения, которые могут претерпевать сообщения при выпуске, в ходе передачи или на приеме, ясно показывают нам, что количество информации вполне может деградировать, увеличить свою энтропию; оно абсолютно не способно сделать обратное. Луи де Бройль говорит также: «Если я телеграфирую вам доказательство некоторой математической теоремы, то возможно, что плохая передача сделает доказательство непонятным. Но если, напротив, я телеграфирую вам,

<sup>1</sup> Чтобы обозначить противоположность энтропии — отрицательную энтропию, — которая изменялась бы в том же направлении, что и информация, Л. Бриллюэн придумал термин «негоэнтропия», а П. де Латиль — термин «анатропия».

чтобы сказать: вот теорема, которая кажется мне интуитивно верной, и мне не удалось ее доказать, — то никогда не случится, что вследствие искажений при передаче телеграмма, которую вы получите, окажется содержащей искомое доказательство<sup>1</sup>.

Впрочем, в работах Шеннона и других авторов удалось представить информацию посредством математической формулы, аналогичной с точностью до знака знаменитой функции  $H$ , которая открыла Больцману возможность первого статистического представления энтропии<sup>2</sup>.

### Демон Максвелла и информация

Известно, что Максвелл в своих работах по кинетической теории газов построил следующий мысленный эксперимент: пусть имеется два замкнутых объема с одинаковой фиксированной температурой, которые сообщаются друг с другом через некоторое отверстие. Представим себе расположенного у этого отверстия маленького демона, одаренного разумом, но имеющего размеры порядка молекулы. Этот маленький дьявол открывает или закрывает по желанию связующее отверстие. Он открывает его, чтобы пропустить слева направо наиболее быстрые частицы, он открывает его, чтобы пропустить справа налево наиболее медленные частицы. Он не пропускает слева направо медленных частиц и справа налево — быстрых. По истечении некоторого времени быстрые молекулы соберутся справа; медленные молекулы соберутся слева. Температура правого объема поднимется, температура левого объема понизится. Будет создана разность температур в объеме, бывшем первоначально в тепловом равновесии, и это — без затраты работы, что противоречит закону Карно — Клаузиуса. И долго признавалось, что этот закон оказывается обойденным демоном Максвелла.

<sup>1</sup> П. де Латиль писал: «Борьба специалистов по телефонной технике против ослабления сигналов есть борьба против энтропии».

<sup>2</sup> Не место в этой небольшой книге следовать математикам в их доказательствах (теоретических или практических) относительно информации. Упомянем просто следующее: воспроизведение сообщения, искаженного шумом, есть проблема теории вероятностей. Этим занимался Андре Блан-Ляпьер, который приложил теорию автокорреляции к проблемам передач. Кроме того, Габор и Виль приложили к этим проблемам современные данные квантовой физики.

На самом деле, как доказали Винер и Л. Бриллюэн, это — только видимость. Закон Карно — Клаузиуса приложим только к системам, термически замкнутым. А демон, включенный в двойной замкнутый объем, является частью той же системы, что и этот объем. Если и можно осуществить его забавный труд, то только путем расхода энергии, по меньшей мере того минимума энергии, который ему необходим, чтобы уловить размер частиц (чтобы видеть их с факелом, говорит весьма образно Л. Бриллюэн; и эта работа информирования возвращает к кибернетике). Итак, здесь имеет место расход энергии... и закон Карно — Клаузиуса не был обойден.

### Возрастание энтропии и жизнь

Если рассматривать, как это делает современная физика, Вселенную как замкнутую систему, то ее эволюция осуществляется, по-видимому, в соответствии с законом Карно — Клаузиуса, «в единственном направлении, всегда в направлении необратимой деградации...»<sup>1</sup>, всегда в направлении возрастания энтропии<sup>2</sup>. Стабильность же живого мира, его неспособность развиваться иначе, как посредством «квантовой» мутации, упорное стремление существ и видов к тому, чтобы выжить, то обстоятельство, что им удается, от рождения до смерти, избегать рассеяния энергии, — все это создает впечатление, что жизнь стремится двигаться наперекор остальной части Вселенной<sup>3</sup>. Эта тема — биологические явления не могут протекать без по меньшей мере замедления процесса возрастания энтропии — была, по-видимому, впервые выражена А. Фергюсоном; она была блестяще возобновлена Леконтом дю Нуи (которому она позволила ввести совместно с Эдингтоном понятие антислучая); Эрвином Шредингером, который ее сконцентрировал в такой поразительной формуле: «Организм питается отрицательной энтропией»; Луи де Бройлем<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Леконт дю Нуи.

<sup>2</sup> Что, впрочем, подчеркнем мимоходом, предполагает существование начала и конца Вселенной.

<sup>3</sup> Реми Колден определяет жизнь как состояние некоторой сложной телесной системы, которая в течение некоторого времени освобождена от энтропии остальной части Вселенной благодаря регулирующим механизмам.

<sup>4</sup> «Nouvelle Revue Française», 1-й год, п. 7, 1 июля, 1953, стр. 81.



и недавно Реми Колленом. Эти рассмотрения, казалось бы, далеко уводили от кибернетики, если бы по их поводу Луи де Бройль не подчеркивал важность работ Эрвина Шредингера. Этот последний считает, что невозможно рассматривать какое-либо объяснение биологических явлений (и, в частности, стабильности организмов и видов) без привлечения данных квантовой физики. Основания же кибернетики не имеют ничего квантового. Поэтому Луи де Бройль не считает, что кибернетика может претендовать на объяснение секретов жизни<sup>1</sup>.

Согласно этому автору, глубокая аналогия между информацией и энтропией является тем не менее «наиболее важной и наиболее красивой из идей, подсказанных кибернетикой... ибо эта идея проливает свет на многие проблемы, остававшиеся до сих пор не очень ясными, как, например, проблема демона Максвелла»<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> L. de Broglie, *Nouvelle Revue Française*, 1 июля, 1953, стр. 83 и 85.

<sup>2</sup> Там же, стр. 83 и 85.

## VIII

### КОГДА СОЗДАНИЕ ПОЖИРАЕТ СВОЕГО ТВОРЦА

В своем сопоставлении машины с человеком кибернетики не могли не столкнуться с экономическими и социальными фактами. Некоторые среди этих коллективных проявлений человеческого угрожают приобрести завтра трагическую серьезность: это те из них, что подготавливаются на наших глазах, в прямой связи с развитием самоуправляемых машин, следовательно, с кибернетикой, новым промышленным переворотом.

#### Новый промышленный переворот

Как мы уже говорили в главе III, промышленный переворот, который начался с созданием первых машин с обратной связью, далеко превзойдет по значимости промышленный переворот, который последовал за изобретением паровой машины. В Англии уже один завод без людей изготавливает электролампы, другой—радиоприемники. Форд начинает осуществлять полностью автоматизированное поточное изготовление моторов, и Н. Винер считает, что через 30 лет вся промышленность Соединенных Штатов будет оборудована роботами.

Очень хорошо, но что станет с людьми? Конечно, заманчиво и легко вообразить золотой век (век Горация или Виргилия), при котором человек занимался бы ежедневно только малую часть времени «рабским трудом» и от него не требовалось бы никакого физического усилия, а его внимание перестало бы быть необходимым для низменной работы на конвейере или в поле. К несчастью, в ближайшем будущем последствия угрожают быть менее счастливыми: достаточно вспомнить введение механического ткацкого производства в Лионе и возмущение

ткачей, обреченных на безработицу. Если «технократы», которые руководят новым промышленным переворотом, не будут остерегаться этого, не рискуем ли мы увидеть возобновление — но в каком масштабе! — подобного возмущения? Потребуется, чтобы его избежать, крайняя методичность, медлительность, терпение, «постепенность» в действиях; потребуется в особенности обостренное чувство гуманности, которое поставит своей задачей развить то, что в рабочем является неавтоматическим, собственно человеческим. Без этого предварительного интеллектуального и морального «повышения» целой массы людей новый промышленный переворот может привести только к созданию безработицы и отчаяния!

К тому же возникает другая опасность вследствие того, что этот переворот по самой логике вещей осуществится в различных промышленных странах весьма различными темпами. Когда какая-нибудь держава с хорошо оснащенными заводами без людей окажется в состоянии наводнить мировой рынок и когда она натолкнется на таможенные ограничения менее преуспевающих стран, не попытается ли она навязать свое экономическое господство при помощи грозного, ею выкованного оружия?

Не увидят ли мир промышленной цивилизации, мир «кибернетической» техники погруженным в пучину разрушений, в результате которых, согласно выражению Л. Ружье, редкие оставшиеся в живых будут располагать только орудиями и оружием из камня? Или же мудрость «технократов» сумеет мало-помалу привести человека к освобождению от его материального рабства, в пользу его духовного развития?

Поистине с возникновением мира немногие поколения должны были вглядываться в будущее с тревогой, сравнимой с испытываемой нашим поколением.

### **Машина, ускользающая от человека**

Некоторые пошли еще дальше в своем предвосхищении [событий]. По их мнению, машина может ускользнуть от человека. Они дошли даже, как нам сообщает Л. Гужеро, до представления о «мире машин, предназначенных для вычислений и для реализации других машин, без того, чтобы группа инженеров—людей, создавших первый

мир машин,— могла знать заранее, во всех их деталях, аспекты второго; они смогут предвидеть только некоторые их очень общие нормы, так как частности постигаются лишь на основе результатов, добытых при использовании первых машин».

Эта гипотеза очень образна, и легко представить себе какого-нибудь Дюбу, иллюстрирующего ее: несчастный начинающий чародей, пожираемый внучкой машины, которую он построил. Но это только образ, который не кусается в действительности. На самом деле, как указал П. Ожер, всякая машина имеет неправильности конструкции; если бы машины оказались, сверх ожидания, наделенными способностью размножаться, эти неправильности, эти упущения, вначале минимальные и не отражающиеся на функционировании, становились бы от одного поколения машин к другому все более значительными, и машины скоро перестали бы работать.

### Изучение экономических и социальных фактов посредством машин

Другие авторы спрашивали, возможно ли благодаря колоссальному богатству числовых данных, которые могут использовать большие «думающие» машины, использовать эти машины для изучения экономических и социальных фактов. В первой книге<sup>1</sup> Винер еще достаточно осторожен и пессимистичен. «Гуманитарные науки, — говорит он, — представляют в смысле пользы очень неблагоприятную область проб для новой математической техники». Во второй своей книге он проявляет эти качества в меньшей степени<sup>2</sup>.

С большим энтузиазмом, но и с большой дозой юмора Эшби вызывает в представлении мир, который управлялся бы вплоть до мельчайших его деталей одной громадной управляющей машиной. Впрочем, он охотно признает, что жить в таком мире было бы мало приятно. Но эти предвосхищения представляются откровенно утопическими. О. Дюбарль подверг их замечательной критике, на которую ссылается и которой восхищается сам Винер. Если действия людей почти не поддаются

<sup>1</sup> «Cybernetics, etc», Herman, éd., p. 34.

<sup>2</sup> «Cybernétique et Société».

математическому анализу, тем более они не поддадутся управлению чудовищных машин. И это по следующим трем соображениям:

1. Как только отходят от строго ограниченных проблем (например, сообразование производства электроэнергии со спросом потребителей), многообразие человеческих факторов делается настолько значительным, что оно становится весьма трудно учитываемым. Один учет этих факторов потребовал бы перед пуском машины в ход невероятной массы труда, а следовательно, и времени. А в течение этого времени предмет учета изменялся бы, так что заключения, быть может пригодные в начале операции, перестали бы быть таковыми к ее концу.

2. В действительности, даже в случае элементарного соотношения между некоторой системой и человеком, наталкиваются на изменчивость человеческих факторов. Существует разительная противоположность между постоянством физических явлений, например явлений термодинамики (через 5000 лет они останутся теми же, какими они были 5000 лет назад), и изменчивостью человеческих явлений, трансформаций которых можно обнаружить, располагая упорядоченными сведениями о нескольких сотнях лет. «Иначе говоря, — пишет о. Дюбарль, — тогда как физика инстинктивно предполагает абсолютное постоянство своих законов, универсальность своих способов научного определения и, таким образом, некоторую независимость своих объектов от времени, мы замечаем, что наука о человеческих явлениях должна отказаться от этой идеи постоянства. Предмет человеческих явлений, законы их глобальной вселенной суть предметы и законы, меняющиеся со временем. Это замечается даже по статистическим материалам за длительный период времени».

3. Эта изменчивость человеческого зависит, по меньшей мере частично, от одного фактора, присущего только человеческому: «Отклонение человеческого объясняется в самом деле не чем иным, как более или менее непрерывным преобразованием общей среды человеческих действий. Оно объясняется равным образом выступлением на сцену фактора «осознания» и реакций человеческого существа, индивидуальных или коллективных, на которые влияет это «осознание». Поступки людей часто являются довольно постоянными (следовательно,

поддающимися «научному познанию») в течение короткого периода и при отсутствии размышления. Лишь очень редко они являются таковыми на протяжении долгого периода, и осознание может изменить их характер»<sup>1</sup> (о Дюбарль). Этих строк достаточно для оправдания, даже увеличения скептицизма, выказанного Винером в его первой книге по поводу «математизации» человеческих действий.

Как мы видим, на весьма различных путях встречается кибернетика с коллективными действиями людей. Видно также, что эти пути ведут до сих пор только к перспективам, столь же темным, как и лес поэта. Не являются ли более успокаивающими вторжения кибернетиков в область метафизики? Вот то, что мы собираемся теперь рассмотреть.

---

<sup>1</sup> Этот же факт (осознание или бессознательность) выступает в проблемах стратегии, которые хотят решать при помощи машины: стратегии идеального шахматного игрока Эшби, Шеннона или Винера, и стратегии его человека-противника; стратегии летчика и автоматической противовоздушной обороны: летчик, шахматный игрок — применяют ли они стратегию, которую поняли?.. Это проблема разрыва между поведением индивида и принципами этого поведения.

## IX

### ОТ МАШИНЫ К УМУ... ИЛИ ОТ УМА К МАШИНЕ?

При нашем изучении роботов, «моделей», «электронного мозга» мы до сих пор занимали решительно «бихевиористскую» позицию<sup>1</sup>. Как и авторы, на работы которых мы ссылаемся, мы уклонились от узловой проблемы сознания<sup>2</sup>.

Пора теперь ее рассмотреть. Однако, прежде чем это делать, прежде чем исследовать, изменяет ли ее вмешательство суждение, которое можно вынести о кибернетике, нам еще нужно спросить, всегда ли сами кибернетики строго придерживались позиции свидетелей, как этого требует (по крайней мере в теории) психология поведения.

По-видимому, это далеко не так. Чтобы убедиться в этом, достаточно констатировать, с каким рвением многие из них пустились в экстраполяции, сильно окрашенные метафизикой

#### Метафизическая экстраполяция

В своем «Design for a brain» Эшби писал по поводу возможного развития своего гомеостата: «Синтетический мозг должен сам развивать собственное умение и не

<sup>1</sup> Состоящую в том, что поведение отмечается и сравнивается без всякого обращения к интроспекции.

<sup>2</sup> Здесь мы понимаем это слово в широком смысле, который включает в себе сразу сознание «непосредственное» (способность постигать некоторый внутренний или внешний объект) и сознание «рефлексивное», «с помощью которого человек воспринимает, что он воспринимает, познает, что он познает, мыслит, что он мыслит, и обдумывает мысль» (Валенсен). Это сознание, согласно концепции Бергсона, существует только во времени, поскольку оно является памятью и предвосхищением свободы. Оно является также выбором и свободой.

должен быть простым попугаем<sup>1</sup>. Робот — игрок в шахматы, построенный по принципу гомеостата<sup>2</sup>, — был бы способен играть с умением, далеко превосходящим умение своего конструктора... Синтетический мозг должен суметь победить своего собственного конструктора, и *это достижение предвидится*.

В другом месте он пишет (если верить А. Гасто), что достаточно было бы умножить число элементов гомеостата, чтобы тот смог накопить долговременные адаптации и приобрести долговременную память, *так же как и некоторое сознание*. Во время Парижского конгресса (1951) на возражение, что гомеостат ищет свое решение неудачу, без всякой логики, он ответил: «Докажите мне, что человеческий мозг не действует так же»<sup>3</sup>.

Конечно, можно было бы видеть в этих парадоксальных утверждениях просто остроумный выпад англичанина, обладающего юмором. Но и другие кажутся охваченными тем же благоговейным головокружением от вычислительных машин и их возможного «потомства». Распространяется мысль, что возможна полная механизация мышления. То обстоятельство, что Л. Куфиньяль дал одной из своих работ название «Думающие машины», доказывает это.

### «Думающие машины»

Л. Куфиньяль постарался очень ясно сформулировать, в каких случаях, по его мнению, машина может быть названа «думающей».

«Если согласиться, что машина, чтобы быть таковой, должна заменять человека в какой-либо области его деятельности, то мы будем располагать простым и точным критерием для определения, в чем именно и до какой степени машина может быть «думающей». Достаточно проанализировать операции, выполняемые человеком при осуществлении некоторой работы интеллектуального порядка, и посмотреть, какие из этих операций могут быть выполнены посредством частей машин, то есть образуют механические функции».

<sup>1</sup> Но синтетический мозг не был построен.

<sup>2</sup> Но он не построен.

<sup>3</sup> См. на стр. 75, в подстрочном примечании 2, убедительный ответ Шеннона.



Таким образом, по мнению Л. Куфиньяля, с момента, когда машина способна осуществить одну из операций — сколь бы незначительной она ни была, — которую может осуществить человеческий ум, она может быть названа «думающей».

Чтобы судить о критерии, который нам таким образом предложен, проще всего привести пример. Каждому известно естественное явление исчезающих фонтанов. Подземный резервуар, регулярно питаемый источником с постоянным поступлением воды, сообщается с внешним миром посредством трубопровода в форме опрокинутой буквы U, который образует сифон. Когда уровень воды в пещере достигает некоторого порога, сифон приводится в действие — и источник бьет. Он бьет до тех пор, пока вода в резервуаре не опустится ниже уровня внутреннего отверстия сифона. В этот момент система перестает действовать и фонтанирование прекращается. Затем резервуар начинает наполняться снова, и цикл возобновляется. Так источник фонтанирует или прекращает фонтанирование через совершенно правильные интервалы времени.

Легко построить при помощи какого-нибудь резервуара, водопроводного крана и выводящей трубы в форме опрокинутой буквы U «уменьшенную модель» исчезающего фонтана.

Располагая же необходимыми числовыми данными (поступление воды через водопроводную трубу, количество воды, содержащейся в резервуаре между уровнем приведения в действие и уровнем прекращения действия сифона, скорость истечения воды через сифон), кандидат на свидетельство об окончании школы способен, путем рассуждения и вычисления, определить, какой должна быть периодичность цикла: сколько времени отделяет одно появление воды от следующего; сколько времени длится каждое извержение.

Приложим теперь критерий, принятый Л. Куфиньялем. Если мы хотим узнать, в каком ритме действует наша модель, мы располагаем двумя средствами.

С одной стороны, наш вычислитель способен указать нам путем вычисления, следовательно путем мысленной операции, ритм явления; с другой стороны, машина, образованная резервуаром и сифоном, дает нам те же сведения с такой же точностью, демонстрируя последо-

вательно извержение и иссякание фонтана. Согласно Л. Куфиньялю, мы вправе, следовательно, квалифицировать эту машину как «думающую машину».

А это заключение абсурдно. И если нас привели к нему изложенные выше критерии, то несомненно, что эти критерии не учитывают всех сторон проблемы. Действительно, Л. Куфиньяль пренебрег двумя существенными понятиями.

Одним, которое мы приводим только на минуту, откладывая на дальнейшее его развитие: наш вычислитель сознает механизм, посредством которого он узнает ритм фонтана и передает это знание нам. Машина резервуар-сифон не сознает механизма, посредством которого она передает нам знание того же ритма.

Другим, которое мы собираемся теперь развить: *среди интеллектуальных действий — даже сознательных — есть чисто автоматические и есть не являющиеся таковыми. Машина может заменять ум только при первых.*

**То, что может воспроизвести машина.**

**Умственный автоматизм**

Одно и то же слово, смотря по обстоятельствам, заставившим его произнести, передает интеллектуальную деятельность весьма различных уровней. Возьмем слово «нет». Мне объявляют неправдоподобную новость, я отвечаю «нет», сознательно, но без размышления. Здесь отрицание передает элементарную мысль, сознательную, но не продуманную.

Я — присяжный уголовного суда. На вопрос: «Винновен ли обвиняемый?» — я отвечаю «нет». Я это делаю после всего размышления, на которое я способен. Это — ценное суждение, основательно продуманное.

Итак, слово передает весьма разные степени интеллектуальной деятельности: от почти чистого автоматизма до самого продуманного мышления. И это верно не только для отдельных слов. Одна и та же молитва, «Отче наш», может быть автоматически прочитана богомолкой, думающей о своем коте или о рагу, которое тушится в ее печи. Но она может быть также произнесена с интенсивным интеллектуальным размышлением над каждым словом, более того, с тем глубоким пониманием, с тем полным согласием воли, с тем усиленным эмоцио-

нальным звучанием, которые образуют побуждение всего существа и в которых с полным правом можно видеть явление «осознания» в его самом точном значении<sup>1</sup>.

Рассмотрим теперь стадии решения некоторой арифметической задачи. Нужно ее поставить и для этого понять ее; затем надо ее решить; наконец, надо осознать результат. *А из этих трех этапов только второй может реализовать машина.* Это очевидно для простейшей из таких машин — сосуда, в который первобытный человек помещал камни при сложении, извлекая их оттуда при вычитании; это очевидно для машины Паскаля, в которой записывание производится рукой, а чтение — глазами оператора. Это не менее достоверно для электронной машины. Без оператора — человека, который разрабатывает программу и кодифицирует ее (перфокарты, сигналы на магнитной проволоке и т. д.), — машина беспомощна. Без оператора — человека, который читает и истолковывает результат, — машина не служит ничему. Из трех этапов операции единственным этапом, где машина может заменить человека, является промежуточный этап реализации операции. Она может это потому, что в действительности этот этап, *когда он реализуется человеком, требует лишь чисто автоматической интеллектуальной деятельности*<sup>2</sup>. Как сказал Эйнштейн: «Что бы ни делала машина, она будет в состоянии решить какие угодно проблемы, но никогда она не сумеет поставить хотя бы одну»<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Все это не является умозрительным. Афазия (потеря речи) оправдывает объективность этих различий, и, как правило, тот самый больной, который не в состоянии вспомнить слово в осмысленном языке, непосредственно обретает его на своих губах в автоматическом языке. Один такой известный больной на все просьбы отвечал «сгё поп», но не мог ответить «поп», когда его спрашивали: «Хотите ли, чтоб вас ударили палкой?».

<sup>2</sup> Это неверно по отношению к ребенку, который учится производить элементарные операции и от которого каждый элемент этих операций требует значительного интеллектуального усилия. Это верно по отношению к среднему взрослому. Это очевидно по отношению к счетоводу, который может производить свои сложения, думая о другом (как некоторые пианисты, аккомпанирующие на репетициях, читают детективный роман, не переставая «отстукивать» свою партитуру).

<sup>3</sup> Другие говорили до нас: если хотят сравнить вычислительные машины в их автоматизме с некоторыми людьми, то следует сравни-

И Мак-Каллок: «Вычислительные машины заменяют руку человека при помещении камней в сосуд и перемещении их из одного сосуда в другой, согласно древним правилам арифметики; они не заменяют нашего мозга».

Так что, по нашему мнению, следовало бы перевернуть постулат Куфиньяля. Не следует говорить: «Такая-то операция, которую может осуществить человеческий ум, реализуема такой-то машиной, значит, эта машина может быть названа думающей машиной». Но: «Такая-то операция реализуема такой-то машиной, значит, эта операция является не мышлением, а умственным автоматизмом».

### То, что машина неспособна воспроизвести

Мы уже знаем, что может делать машина. Исследуем теперь, на что она неспособна. Таким образом мы научимся отличать ее от ума.

1. **Машина не может выйти из рамок предопределения.** Как мы уже говорили выше, вычислительная машина, аналоговые машины, так же как и машина Паскаля, работают, исходя из программы, которой их снабжает оператор в кодифицированной форме. Разумеется, в зависимости от машины эта программа является более или менее подробной: здесь — доведена до основных черт проблемы, там — предусматривает шаг за шагом каждый элемент решения. Без программы, без оператора машина работает вхолостую или не работает совсем; если оператор однажды запустил ее, она не может (исключая аварию) отказаться работать для него.

Построенная для работы по определенной программе, она не может выйти из нее. Она может решать только проблемы, для которых она была построена;

---

вать их с вычислителями-виртуозами; а вычислители-виртуозы бывают чаще всего законченными глупцами. Нельзя делать сравнение с математиками и еще меньше — с гениальными математиками. А. Пуанкаре, кажется, с большим трудом выпутывался из скольконибудь длинного сложения.

она не в состоянии решить все проблемы, которые может задумать воображение математика<sup>1</sup>.

Машины, которые регистрируют и используют вмешательства внешнего мира, находятся, несмотря на видимость противного, в таком же положении. Безусловно, автоматическая противовоздушная оборона предусматривает среди операций прицеливания два их типа: одни строго определены заранее, согласно предусмотренной программе; другие определены движениями цели. Они постепенно заполняют «пробелы» программы. И нам говорят: первые сравнимы с программой, которую наметил себе автомобилист (я миную такую-то улицу, я поверну направо, чтобы проехать через такой-то пункт, и т. д.). Другие сравнимы с решениями, автоматическими и почти произвольными, которые шофер принимает в процессе выполнения этой программы, чтобы избежать внезапно возникающее препятствие.

Однако сравнение не является точным: автомобилист волен остановиться, обогнуть препятствие... или устремиться прямо на него; у снаряда автоматической противовоздушной обороны нет выбора. Установленная конструктором отрицательная обратная связь между целью и снарядом заставляет последний упорно приближаться к цели; и это потому, что так захотел конструктор. Демонстрацией служит то, что, если бы инженер установил между ними уже не отрицательную обратную связь, а положительную, снаряд стал бы не менее упорно удаляться от цели.

Из «синтетических животных» первые создания Грея Уолтера — Эльзи и Эльмер имеют лишь видимость свободного поведения: их движение взад и вперед перед препятствием, в которое они уперлись, предопределено в деталях, даже продолжительность этого движения взад и вперед фиксирована заранее. Так что, если черепахе не удалось обогнуть препятствие до истечения предусмотренного времени, она снова упирается в него<sup>2</sup>. Кора не более свободна даже тогда, когда она кажется восприимчивой к обучению<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Известная теорема Гёделя (о. Дюбарль) и известная работа д-ра Брюкнера (Л. Куфиньяль) устанавливают это. Вычислительные машины могут решать только некоторые классы проблем.

<sup>2</sup> См. главу V.

<sup>3</sup> См. далее.

Напротив, гомеостат Эшби старается выйти из рамок предопределения. Но весьма неправильно сказать про него, как это уверяли некоторые комментаторы, будто эта странная машина родственна живому существу в том, что она упорно старается добиться всеми средствами равновесия, реализуя «внутреннюю конечную цель». Состояние равновесия, которого добивается гомеостат, представляет собой «внутреннюю конечную цель» не больше, чем состояние равновесия, к которому стремится маятник. В самом деле, как первый акт его функционирования (период нарушения равновесия), так и последний (возвращение в устойчивое состояние) строго предписаны конструктором. Машина, однажды выведенная из равновесия, не может избежать своей судьбы, то есть не прийти в движение; она уже не может остановиться раньше, чем будет достигнуто равновесие. Если что и ускользает от сведения конструктора — это точный порядок операций, в котором гомеостат переходит от первого к последнему акту своего функционирования. Но если этот порядок ему неизвестен, то только потому, что он сам захотел предоставить его случаю, или, скорее, совокупности непредвиденных обстоятельств (например, малейшему изменению нагрузки электрических систем). Гомеостат не более «свободен» выбирать средства, чем цель. Но цель ему указана конструктором; что же касается средств, то выбор их предоставлен воздействию непредвиденных элементов, случая. В программе имеется больше «пробелов». Но программа существует. И машина не может избавиться от нее.

2. **Машина не может обучаться.** Разные конструкторы построили машины, способные приобретать на опыте возможность достижений, которой вначале они были лишены. Что касается гомеостата, то в работах самого Эшби эта способность не представляется ясной. Как видно, слишком ревностные комментаторы приписали ее гомеостату, доверившись простой прихоти этого автора<sup>1</sup>. В отношении Кóры, третьей черепахи Грея Уолтера, мы

<sup>1</sup> Он написал в своей статье «Design for a brain» (в «Electronic Engineering», декабрь, 1948): «Машина типа Эниак (см. вычислительные машины), примененная к игре в шахматы, была бы полностью предопределена. Ее тысячная партия не была бы лучше первой, тогда как гомеостат, примененный к игре в шахматы, не нуждался бы ни в какой предварительной программе...» И, как говорит Эшби, гомеостат, играющий в шахматы, было бы легко построить. Однако он его

показали, что это была не более чем видимость<sup>1</sup>. Вначале маленький монстр обладает *предположительно* возможностью реагировать на свисток, так как конструктор наделил его необходимыми органами. Только он поставил при реализации этого достижения условия, которые отсрочивают его пуск в ход. Если мотор моей машины «работает более покладисто» после 5000 км, чем при выпуске с завода, скажу ли я, что он обладает способностью обучаться<sup>2</sup>?

**3. Машина не может осуществлять критическую функцию.** Поставим вычислительной машине абсурдную проблему, но правильно закодированную. Она тем не менее «работает»; она выдает решение без малейшего затруднения. Пример Эниака покажет нам это. Известно, что разогревание ртутных трубок, которые образуют память этой машины, часто нарушает ее функционирование. Отсюда для каждого «элемента вычисления» простирается возможность ошибки, которая доходит до 80 процентов. И элемент, повинный в этих ошибках, отнюдь не способен их исправлять. Поэтому группируют элементы, заставляя их функционировать совместно. Решение выходит только в том случае, когда результаты, полученные для двух элементов, совпадают. В противном случае все начинается снова<sup>3</sup>.

не построил. Он даже не потрудился обосновать свое утверждение ни малейшей попыткой доказательства.

<sup>1</sup> Это верно также и по отношению к электронному лису Джобу, построенному Дюроком.

<sup>2</sup> E. A. Oettinger («Programming a digital computer to learn», «Phil. Mag.», декабрь, 1952, vol. 43, p. 1243—1263) исследовал приспособление Кембриджской машины EDSAC [Electronic Delayed Storage Automatic Computer] к «механизированному» обучению. Шеннон подчеркивает, что в этой попытке все зависит от терпеливости и работы того, кто снабжает своей программой машину. «Для представления одной логической операции, простой и часто используемой в программе обучения, может потребоваться дюжина или даже более инструкций» (Шеннон, цит. выше). Со своей стороны Уилкес [Wilkes (M. V.)], разбирая попытку Эттингера, пишет: «Трудность состоит в том, чтобы составить программу для их (этих машин) использования. Если бы можно было построить такую программу, тогда бы стало возможным обучать машину таким же образом, как обучают ребенка [Wilkes (M. V.), Can machines think? «Proc. Inst. Radio Engineers», U.S.A., октябрь, 1953, 41, n° 10, p. 1230—1241]. Невозможно сказать лучше, что программа, следовательно — человек, есть все.

<sup>3</sup> Эта необходимость начинать снова не представляет неудобства ввиду крайней быстроты действия этих машин.

Следовательно, каждый элемент ведет себя, подобно вычислителю, который не умеет произвести сам критическую оценку своих результатов и вынужден исправлять свои действия при помощи двух других вычислителей, столь же беспомощных.

**4. Машина не может переходить от конкретного к абстрактному.** Ребенок начинает с того, что считает свои шарики или своих товарищей и пользуется своими пальцами для счета (первые математики, несомненно, действовали не иначе). Очень скоро он доходит до абстрактного; числа существуют для него сами по себе; он знает, что 8 больше, чем 3, не нуждаясь в ссылке на своих товарищей, или на шарики, или на пальцы.

Если даже оставить понятие сознания, ничего подобного нет у машины. Для вычислительной машины число не существует «в себе». Числовой материал доставляется ей оператором в форме материально выраженных сигналов; эти сигналы вызывают, в зависимости от случая, или электронные импульсы, или механические действия; под конец они приводят к записи результата в виде графических символов. Но вне этих материальных сигналов и вызываемых ими действий нет ничего. Также и аналоговая машина вполне способна, как сказал Гужеро, «дать решение дифференциальной операции в форме сетки кривых; но она не смогла бы выдать это решение в форме общего выражения, если только это последнее предварительно не было туда введено». Она не смогла бы перейти от частного к общему, и, подчеркивает Л. Куфиньяль, для нее кривая функций, которой заканчивается ее работа, образует конкретно всего лишь некоторый разрывный ряд точек, тогда как человеческий ум способен мыслить его — абстрактно — в форме идеально непрерывной трассы.

**5. Машина не может изобретать.** Машина, поскольку она строго ограничена рамками программы (даже когда та включает «пробелы»), поскольку она не может обучаться, поскольку она не может критиковать, поскольку она не может абстрагировать, а также поскольку, за неимением сознания, она не может заинтересоваться<sup>1</sup>, совершенно не способна выдумывать, изобретать.

---

<sup>1</sup> Около 1920 года один французский бактериолог констатировал бактериостатическое действие некоторых видов плесени. Но он инте-



Дюкрот придумал и построил любопытную машину, которой дал имя Каллиопа и квалифицировал как электронную поэтессу. Каллиопа сочиняет поэмы и рисует картины. Но она делает это только при посредничестве своего творца и благодаря предварительно установленному тщательному коду. Эта техника родственна технике одного нашего больного с прогрессирующей шизофренией, который накладывал «сетку», вырезанную им из картона, на страницу словаря, читал те слова, которые оставались при этом видимыми, затем переписывал их гуськом, но располагая их в неравные строки. Что там была высокая поэзия... наш шизофреник этому верил.

По нашему мнению, это напоминает живописные подвиги Боронали<sup>1</sup>. Творческие возможности поэтессы Каллиопы почти не кажутся нам идущими дальше.

Выше мы сослались на мнение Эйнштейна: «Что бы ни делала машина, она будет в состоянии решить какие угодно проблемы, но никогда не сумеет поставить хотя бы одну». Мак-Каллок (один из «китов» кибернетики) выразился еще более определенно. «Машины, — пишет он, — бездарны в жанре интуитивного понимания, которое порождает математические теоремы и новые научные гипотезы и которое внезапно заставляет нас сомневаться в том, что до тех пор мы принимали на веру»

### Машина и человек

Таким образом, идет ли речь об Эниаке, об автоматической противовоздушной обороне, об автоматических прокатных станах или о всякой другой машине — повсюду в активе машины мы находим все то же количественное превосходство: возможность скорости, возможность использования массы информации, недоступной отдельному человеку, и, как следствие, возможность получения результатов, несравнимых — ни по их размерам,

---

ресовался лишь туберкулезными бактериями, а плесень действовала только на другие микробы. Он остался безучастным и, таким образом, «воздержался» от открытия пенициллина

<sup>1</sup> Приблизительно в 1912 году Мак-Орлан (если только это не был Ролан Дорже) написал картину с помощью обмакиваемого последовательно в сосуды с различными красками ослиного хвоста, которым его владелец свободно водил по холсту. Результат, названный «Заход солнца на Адриатике», был послан в какой-то салон... и принят.

ни по их тонкости — с тем, что может осуществить человек. Но в ее пассиве мы повсюду находим качественную неполноценность: неспособность выйти за рамки программы, обучаться, критиковать, заинтересоваться, избреть. *Дело в том, что машина, построенная человеком, ничего не может сделать без него. Она остается в точности тем, чем человек захотел, чтобы она была: чудесным орудием, но все-таки орудием. В ней полностью отсутствует мысль, а есть только отражение мысли ее творца, поскольку она полностью лишена сознания.*

### **Машины, названные «думающими», и сознание**

Если могли, по очевидному терминологическому заблуждению, связать эпитет «думающая» со словом «машина», то это означало, что действительно слишком долго игнорировали понятие сознания. Несомненно, делать так дозволительно на первых этапах сравнения между машиной и человеком; несомненно, на этой стадии спора можно строго придерживаться бихевиористской позиции: отмечать поведение и сравнивать. Но с момента, когда хотят идти дальше — исследовать, что именно передает это поведение, и решать, является или не является это мышлением, — игнорирование сознания становится незаконным.

Это незаконно, поскольку нельзя законным образом делать заключения в споре, не учитывая всех относящихся к делу данных. В занимающем же нас споре существенны данные о том, что человек сознателен, что он обладает сознанием и что он им обладает монопольно. Мы подразумеваем рефлексивное сознание — то, посредством которого, согласно превосходному определению Огюста Валенсена, «человек, мысленно сосредоточиваясь, воспринимает, что он воспринимает, познает, что он познает, мыслит, что он мыслит, и обдумывает мысль». Оставлять без внимания сознание в этом споре означает заявлять свое право оставить без внимания один из существенных элементов проблемы. Это означает: игнорируя этот существенный элемент, игнорировать проблему.

Это «игнорирование» тем более неправильно, что, согласно уместному замечанию о. Дюбарля, сам человек не в состоянии, не насилуя фактов, игнорировать понятие «сознания», ибо запоздалое осознание в состоянии

изменить человеческое поведение. Вот простой пример этого: я должен сегодня утром сделать неприятный демарш в одном из отделов префектуры; я забываю об этом со всей легкостью, с которой забывают о тягостных обязанностях; я направляюсь, не думая об этом, обычной дорогой к больнице. И вот внезапно я осознаю, что я нахожусь на этой дороге, что я не должен тут быть. Я стараюсь понять почему, я справляюсь в своей записной книжке и нахожу в ней надлежащим образом отмеченную забытую обязанность демарша. Я делаю полуоборот и, ворча, иду в префектуру. Благодаря этому запоздалому осознанию мое поведение даже внешне оказалось измененным. Как видим, даже изучение человеческого поведения не может игнорировать осознания, следовательно — сознания.

Впрочем, чем была бы машина без сознания человека?.. Если бы обслуживающее лицо, оператор, был бы сам всего лишь роботом без рефлексивного сознания, он не смог бы поставить проблему, не смог бы прочесть решение; он не мог бы ни интерпретировать, ни использовать его. Без осознания обслуживающего лица машина, следовательно, не послужила бы ничему. Без осознания изобретателем того, что он хочет построить, без осознания — ежеминутного — этапов его проекта, затем его реализации никогда бы не могло быть ни одной машины. Миф статуи Кондильяка, с готовностью развитый П. де Латиелем, является всего лишь обманчивым мифом: *то, что мы, за неимением лучшего, называем восприятием, вниманием, памятью, воображением, суждением, познанием, мышлением, — все это не состоит из простой связи между X факторами, введенными в машину — человека, и п-эффектами, произведенными ею. Все это, а также и другое, что мы не можем определить, является осознанием второй связи и памятью состояний сознания. Это факт, что связь мыслей становится мысленной связью* Вопреки пьяному садовнику из Бомарше именно это отличает человека от других животных, с еще большим основанием — от машин.

Можно с полным правом удивляться, наблюдая, как даже выдающиеся умы решительно игнорируют проблему сознания. Конечно, нейрофизиолог, изучающий ту или иную систему нейронных сочленений, может предположительно игнорировать эту проблему и рассматривать мозг

всего лишь как орган чувственного восприятия и двигательного решения. Но тот же нейрофизиолог, когда он утверждает, что достаточно умножить элементы его гомеостата для получения машины, наделенной мыслью, или, что сводится к тому же, что достаточно скомбинировать спинные мозги для получения головного мозга,— этот нейрофизиолог уже не игнорирует проблему. Он предлагает решение. Однако это решение не является ни плодом серии опытов, ни плодом научного рассуждения. Оно представляет собой занятие позиции *a priori* в отношении проблемы метафизического типа.

Несомненно также, что нейрофизиолог имеет право на какое угодно метафизическое мнение и на его выражение, но он не имеет права в тексте, в котором излагаются экспериментальные работы, представлять его как неоспоримое следствие этих работ.

Что продолжает нас удивлять (а между тем, чем другим уже 50 лет занимаются психофизиологи, когда они переводят некоторые психологические данные на язык нарочито гистофизиологический, веруя, что таким образом они «двигают вперед науку»?) — это то обстоятельство, что кибернетики занимаются, таким образом метафизическими построениями, не отдавая себе в этом отчета. Если кибернетик видит с такой легкостью отображение свободного поведения в поведении своего маленького монстра, это объясняется, в сущности, тем, что для него всякое поведение детерминировано и может иметь лишь видимость свободы. Если другой такой кибернетик упорно утверждает, что сенсорное представление, память основаны на колебательных контурах, это объясняется тем, что для него сенсорное осознание и память являются не чем иным, как материальным действием. Число примеров можно было бы умножить прекрасным сюжетом для размышления тем, кто интересуется проблемой бессознательных побуждений. Можно было бы даже спросить, не вмешивается ли сюда другой элемент, еще более глубоко бессознательный: род машинного анимизма, который приводит к фетишизации машины, ее обоготворению.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поразительно, что безвестный изобретатель потряска некогда — по какой интуиции гениального ремесленника? — нашел тот самый механизм обратной связи, который управляет нашими нервными и эндокринными регуляциями.

Великолепно, что человек, продолжив ловкость своей руки с помощью орудия, силу своей руки с помощью машины, сумел даже продолжить с помощью новых машин и эффективность своего ума.

Парадоксально, что этот триумф человеческого ума мог привести некоторых, даже из числа содействовавших ему, к отрицанию примата Разума.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	5
Предисловие автора к второму изданию . . . . .	20
I. Рождение и детство одной дисциплины . . . . .	22
II. Человек и машина. <i>Методы сравнения</i> . . . . .	30
Сравнения структуры . . . . .	30
Метод моделей . . . . .	32
III. Подобия структуры. <i>Обратная связь</i> . . . . .	35
Орудие, машина и рефлекторная регуляция . . . . .	35
Автоматическое регулирование посредством обратной связи. Примеры . . . . .	39
Принципы автоматического регулирования и общая схема обратной связи . . . . .	42
Недостатки обратной связи . . . . .	44
Мозжечок, регулятор с обратной связью . . . . .	47
Обратная связь более не функционирует . . . . .	51
Обобщение системы — гомеостазис . . . . .	52
Подобия незаконные . . . . .	53
IV. Человеческое сердце колеблется не совсем как маятник. <i>Самовозбуждаемые колебания</i> . . . . .	56
Самовозбуждаемые колебания в системе: «спинной мозг — изолированная мышца» . . . . .	57
А в мозге? . . . . .	59
V. Маленькие монстры . . . . .	64
В поисках свободы или ее видимости . . . . .	65
«Потомство синтетических животных» . . . . .	66
Машины, фиксированные в своем развитии ( <i>Эльзи и Эльмер Грея Уолтера; Мизо Альберта Дюкрока</i> ) . . . . .	67
Машины, способные развиваться . . . . .	70
Гомеостат Эшби . . . . .	73

VI. ... и большие монстры . . . . .	77
«Потомство» вычислительных машин . . . . .	77
Достижения . . . . .	80
Электронная «память» и различные ее виды . . . . .	86
Аналоговые машины . . . . .	88
Машина и план . . . . .	90
Логические машины, машины для перевода . . . . .	91
VII. Проблемы информации . . . . .	93
Информация . . . . .	93
Что такое сообщение? . . . . .	94
Количество информации . . . . .	95
Информация и энтропия . . . . .	96
Демон Максвелла и информация . . . . .	98
Возрастание энтропии и жизнь . . . . .	99
VIII. Когда создание пожирает своего творца . . . . .	101
Новый промышленный переворот . . . . .	101
Машина, ускользающая от человека . . . . .	102
Изучение экономических и социальных фактов посред- ством машин . . . . .	103
IX. От машины к уму... или от ума к машине? . . . . .	106
Метафизическая экстраполяция . . . . .	106
«Думающие машины» . . . . .	107
То что может воспроизвести машина. Умственный автома- тизм . . . . .	109
То что машина неспособна воспроизвести . . . . .	111
Машина и человек . . . . .	116
Машины, названные «думающими», и сознание . . . . .	117
з а к л ю ч е н и е . . . . .	120

**П. Косса**  
**КИБЕРНЕТИКА**

**Редактор О. И. ПОПОВ**  
**Художник Л. Г. Ларский**  
**Технический редактор Н. И. Смирнова**  
**Корректор К. И. Иванова**

Сдано в производство 20/V 1958 г.  
Подписано к печати 26/VII 1958 г.  
Бумага  $84 \times 108^{1/2}$  = 1,9 бум. л.  
6,3 печ. л.  
Уч.-изд. л. 6,2 Изд. № 9/3860  
Цена 3 р.70 к. Зак. 461.

---

**ИЗДАТЕЛЬСТВО**  
**ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**  
Москва, Ново-Алексеевская. 52

---

20-я типография Московского  
городского совнархоза,  
Москва, Ново-Алексеевская. 52



## ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
2	4 сверху	еихième	Deuxième
33	1 снизу	основной	оснóвной
34	1 сверху	основной	оснóвной
36	12 снизу	даст	дает
41	13 сверху	ли	или
47	8 сверху	Мезжечок —	Мозжечок,
51	5 снизу	вес	все
79	8 снизу	25 000	250 000
88	14 снизу	способе	способен
	15 снизу	сведенн	сведены
	16 снизу	чты	что

~~3 р. 70 к.~~

Новая цена

3 р. 20 к.