

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

КИБЕРНЕТИКА
И
ДИАЛЕКТИКА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

ОБ ОБЪЕКТИВНЫХ ПРЕДПОСЫЛКАХ КИБЕРНЕТИКИ И ЕЕ ПЕРСПЕКТИВАХ

С. М. Шалютин

Возникновение кибернетики, различные аспекты ее предпосылок были рассмотрены уже в работах ее основоположников. Они анализировались и в марксистской философской литературе¹. Используя результаты этих исследований, автор стремится вписать кибернетику в общий ход развития общественной практики. Предпосылки кибернетики анализируются под углом зрения развития человеческой деятельности: какие противоречия этой деятельности способствовали возникновению кибернетики, какие факторы деятельности способствовали их разрешению и насколько кибернетике действительно удалось разрешить возникавшие противоречия.

Человек — социальное существо, и сама биология человека в некотором смысле тоже социальна. С одной стороны, биологические особенности человека делают возможным его существование как социального существа, т. е. позволяют ему создавать орудия, мыслить, пользоваться языком, вступать в производственные и иные отношения с другими людьми. С другой стороны, функционирование человека как биологического вида невозможно без его превращения в социальное существо. Биологическая природа человека не может реализоваться без приобретения им социальной сущности, которая проявляется в характере его деятельности и прежде всего в том, что человек действует не только на основе своего

¹ См.: *Берг А. И.* Проблемы управления и кибернетика. — В кн.: *Философские вопросы кибернетики.* М., 1961; *Глушков В. М.* Кибернетика и мышление. М., 1963; *Клаус Г.* Кибернетика и философия. М., 1963; *Новик И. Б.* Кибернетика. М., 1963; *Моисеев В. Д.* Центральные идеи и философские основы кибернетики. М., 1965; *Бирюков Б. В.* Кибернетика и логика. М., 1971; *Жуков Н. И.* Философские основы кибернетики. Минск, 1973.

биологического субстрата, но и используя создаваемые им орудия. Промышленность, согласно Марксу, есть экзотерическое раскрытие человеческих сущностных сил. Ленин подчеркивал, что «...прогресс техники в том и выражается, что человеческий труд все более и более отступает на задний план перед трудом машин»². Отсюда вытекает, что важнейшая характеристика человеческой деятельности заключается в распределении функций между человеком и техническими устройствами. Механизация функций человека является важной стороной качественного преобразования самой деятельности.

Трудовой процесс, совершающийся между человеком и природой, включает в себя, как известно, не только процессы превращения вещества и энергии, но передачу и преобразование информации. Поэтому труд, как подчеркивал Маркс,— это затрата не только физических, но и духовных способностей человека.

В результате промышленного переворота была создана «костная и мускульная система производства» — искусственная и внешняя по отношению к физическому телу человека система, преобразующая вещество и энергию. Эта система не просто заменяет человека в ряде функций, но выполняет эти функции эффективней человека, она способна решать такие задачи, которые человек без технических устройств вообще выполнить не может. В настоящее время на долю мускульной энергии человека и животных приходится менее одного процента всей энергии, потребляемой обществом. Механизированный труд на современном этапе развития общества в сотни раз более эффективен, чем немеханизированный. Это значит, что «костная и мускульная система производства» является мощным усилителем физических возможностей человека. Энергетические возможности человека как биологического существа ныне не лимитируют развитие общества.

Иначе обстояло дело с информационными процессами. Несмотря на бурное развитие техники, информационные функции в производстве в основном оставались за человеком. Система машин вплоть до недавнего прошлого включала в себя рабочие машины, двигатели и передаточные механизмы, но не включала (или

² Ленин В. И. Полное собрание сочинений, т. I, с. 78.

почти не включала) информационной техники. «Костная и мускульная система производства» давно представляла собой техническую систему, тогда как «нервная система» производства в докибернетический период продолжала функционировать целиком на биологической основе.

Роль кибернетики в преобразовании человеческой деятельности в том и заключается, что она позволила создать «внешнюю нервную систему» производства и таким образом механизировать переработку информации в производственном процессе.

Положение Маркса о том, что технические средства труда — это созданные человеческой рукой органы человеческого мозга, органы человеческой воли, властвующей над природой³, характеризует технику вообще. Всякая техника воплощает в себе человеческие сущностные силы. Но различная техника опредмечивает разные силы. Кибернетическое устройство не просто реализует волю человека. Это делает любая машина. Оно, как и человек, имеет свободу выбора (пусть пока и ограниченную) и пользуется ею для регулирования, оптимизации и т. п. Чтобы решить эти задачи, оно порой меняет свою программу, вырабатывает новую систему «понятий». Маркс, конечно, не мог предвидеть конкретную научно-техническую основу кибернетической техники. Но он предвидел возможность механизации тех функций, которые ныне кибернетическая техника берет на себя. Это вытекает из характеристики Марксом будущего производства как такого, которое по отношению к владеющему знаниями работнику выступает как применение знаний, как экспериментальная наука. Этот уровень развития производства еще не достигнут и сейчас, и кибернетика призвана играть важнейшую роль в развитии производства в этом направлении.

* * *

В предпосылках кибернетики следует различать два взаимосвязанных класса явлений. Во-первых, совокупность противоречий, породившую социальную потребность в кибернетике и, во-вторых, достижения матери-

³ Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения, т. 46, ч. II, с. 215.

альной и духовной культуры, на базе которых разрешаются эти противоречия.

Обратимся к первому классу предпосылок. На наш взгляд, можно указать на следующие глубинные противоречия, порождающие на определенной ступени общественного развития потребность в кибернетической теории и технике. Во-первых, это — изменения в технологическом способе производства, высокий уровень развития костной и мускульной системы производства, превративший психофизиологические возможности человека в границу технического прогресса, во-вторых, резкое возрастание уровня обобществления производства во всех развитых странах; в-третьих, быстрый рост доли умственного труда в общей массе общественного труда. В-четвертых, острая необходимость в более глубоком самопознании, что стало условием дальнейшего прогресса общества и, в частности, технического прогресса.

Остановимся подробнее на первом, третьем и четвертом из этих противоречий.

Кибернетическая техника — техника управления. Система управления, как известно, состоит из управляющей и управляемой подсистем. Взаимодействие между ними является важнейшей движущей силой прогресса в сфере управления: управление сложными процессами в изменчивых средах порождает задачи усложнения управляющих систем, решение которых расширяет область управляемых процессов, а это расширение, в свою очередь, вызывает потребность в дальнейшем совершенствовании систем управления.

Управляющая система отражает состояние управляемого процесса. Поэтому движущее противоречие развития управления со времени его возникновения можно описать и по-другому — как противоречие между способностью управляющих систем к отражению и сложностью решаемых задач управления. На базе этого противоречия происходил переход к психическому, а затем и к сознательному отражению реальности физиологической системой человека. На базе этого же противоречия в рамках сознательного отражения действительности возникает потребность в новом субстрате отражения — в искусственных отражающих устройствах. Нервная система человека как основа отражательной деятельности дополняется внешней искусственной нервной системой.

Это значит, что кибернетика — ее техника и теория — возникает на базе противоречия между сложностью управляемых процессов на современном этапе общественного развития, с одной стороны, и психофизиологическими возможностями человека как отражающей системы — с другой.

В прогрессивной биологической эволюции переход к более высоким типам отражения и управления происходит путем естественного отбора и неразрывно связан с изменением биологического субстрата. Но мозг человека — это весьма совершенная управляющая система. На протяжении тысячелетий она успешно справлялась с задачами управления все новыми техническими процессами. Человек учился управлять не посредством изменения своего биологического субстрата, а путем формирования и записи в память новых программ. Мозг как универсальный преобразователь информации оказывался способным (почти всегда, когда это нужно было) перерабатывать информацию в том реальном масштабе времени, в котором протекали различные вновь создаваемые технологические процессы.

Однако в современных условиях эти процессы достигли такого уровня интенсивности, что ограниченная пропускная способность рецепторной и в целом аналитической системы, ограниченная скорость передачи и переработки информации в центральной нервной системе (ЦНС) стали препятствием к использованию возможностей, заложенных в технике. Выход за пределы этих границ требует (как и в биологическом мире) выхода за пределы субстрата или структуры управляющей системы. Однако в обществе этот выход происходит посредством не биологической, а технической эволюции.

Далее, технология в растущей степени использует физические процессы, за течением которых невозможно следить непосредственно по макроскопическим проявлениям. Биологическая ветвь эволюции, на которой возник человек, не снабдила его рецепторами, фиксирующими электрические потенциалы, напряжения и токи, магнитные поля, уровень радиации и т. д.

С развитием техники возникли весьма сложные технологические процессы, управлять которыми возможно лишь получая информацию о большом числе переменных. Если даже эти переменные наблюдаются через

систему технических датчиков, то психика человека зачастую неспособна охватить показания этих датчиков одновременно, а тем более на основе этих показаний достаточно быстро принять необходимое управленческое решение.

Это и значит, что сложность управляемого процесса оказывается выше возможностей управления, присущих управляющей системе, что способности человека к отражению внешних процессов вступили в конфликт с задачами управления. Механизация информационных процессов стала необходимостью, без нее стал невозможным прогресс техники и технологии.

Возрастание доли умственного труда в общей массе труда, затрачиваемого обществом, — объективный закон общественного развития⁴. Он вступил в силу на ранних ступенях человеческой истории, особенно начал сказываться с появлением капитализма. На современном этапе общественного развития он действует как в условиях социализма, так и в условиях капитализма. Его главные проявления: возрастание роли умственной компоненты внутри физического труда и рост доли работников умственного труда в общей массе занятых. Доля работников умственного труда в общем числе наемных работников в большинстве развитых капиталистических стран превышает 40%, в США она достигла 48%, в Японии 46,5%⁵. Это значит, что количество материальных и духовных благ, которые получает общество, во все возрастающей степени зависит не только от производительности физического, но и от эффективности умственного труда. Тем не менее технические средства умственного труда, своего рода «усилители умственного труда», вплоть до середины XX в. по существу находились порой на мануфактурной или даже ремесленной фазе своего развития.

Когда говорят о повышении эффективности научного труда, обучения, управленческого труда и т. п., речь идет не только о том, чтобы те или иные интеллектуальные задачи решались быстрее, а и о том, чтобы они

⁴ О законе возрастания доли умственного труда в общей массе общественного труда более подробно см.: Шалютин С. Кибернетика и умственный труд. — Ученые записки Курганского пединститута, Курган, 1963, № 81.

⁵ См.: Мировая экономика и международные отношения, 1975, № 2, с. 146—157.

вообще решались. Но в том-то и дело, что ряд интеллектуальных задач традиционными средствами решить невозможно, либо в силу недостаточного быстрогодействия и пропускной способности ЦНС, либо в силу недостаточной информационной глубины человеческого интеллекта. Потребности интеллектуального развития человечества требуют передачи ряда функций техническим средствам.

Превращение ограниченности психофизиологических возможностей человека в препятствие научно-технического прогресса и необходимость передачи техническим системам ряда функций, выполнявшихся ранее человеческой психикой, потребовали более глубокого познания самой психики. Прикладное значение психологии, носившее ранее довольно ограниченный характер, стало выступать на передний план и породило потребность к переходу на новую ступень самопознания. Как впоследствии оказалось, кибернетическая теория и техника стали мощными орудиями изучения человеческой психики посредством ее моделирования. И если не возникновение, то дальнейшее развитие кибернетики стимулировалось и стимулируется потребностью в повышении уровня самопознания.

Итак, в обществе к середине нашего столетия возникла объективная потребность в передаче техническим устройствам функций умственного труда. Именно эта потребность породила кибернетику и обусловила ее дальнейшее развитие.

* * *

Противоречия, о которых выше шла речь, не появились сразу в той развитой форме, в которой мы их находим в современную эпоху. Отдельные их проявления наблюдались значительно раньше, и человечество в известной мере их разрешало.

Противоречия между интеллектуальными задачами и возможностями человека носят исторический характер и в принципе решаются двояким образом.

Во-первых, формированием и использованием все новых программ и методов переработки информации для мозга. В основе этого процесса вначале лежит непосредственный опыт, затем этот опыт опосредуется наукой. В этом плане особое значение имеет развитие логики

и математики, создание специфической символики, исчислений и алгоритмов. Все это позволяет на неизменном субстрате неуклонно повышать эффективность переработки информации и решать все новые интеллектуальные проблемы. Однако этот путь, как было отмечено, не безграничен (хотя и бесконечен).

Во-вторых, формированием внешней нервной системы, превосходящей в принципе естественную нервную систему человека по ряду параметров. Как мы отмечали, в докибернетический период развития техники такой внешней нервной системы не существовало. Однако элементы, которые в будущем могли войти в такую систему непосредственно или в преобразованном виде, формировались. Они возникали в связи с практическими потребностями. На этом пути появлялись измерительные приборы, регуляторы, вычислительные средства, средства связи и т. д.

Оба эти пути в своем конкретном развитии шли параллельно, иногда тесно взаимодействуя. Так накапливались предпосылки разрешения противоречий, развитие которых породило потребность в кибернетике. Рассмотрим эти предпосылки.

К их числу относятся прежде всего общекультурные достижения человечества и важнейшее из них — создание и развитие письменности на базе естественных языков. Это был качественный скачок в развитии материального субстрата отражения.

Во-первых, человек получил искусственную внешнюю память. Информация, извлеченная им из внешнего мира, стала записываться не только в его нервной системе, но и вне ее. Эта внешняя память имеет ряд преимуществ перед внутренней: длительность хранения, точность⁶. Разумеется, письменность не выполняет всех функций памяти. Она лишь создает внешнюю энграмму.

Во-вторых, наличие письменности, особенно развитой письменности, значительно повышает уровень общественного характера познавательного процесса, способствуя передаче и использованию знания в пространстве и во времени.

⁶ К слову сказать, недостатки человеческой оперативной, а частично и долговременной памяти издавна компенсировались с помощью таких внешних средств, как зарубки на палках, камешки или ракушки, сложенные в кучки, и т. д.

3 В-третьих, возникновение письменности означает важный шаг в преодолении психо-физиологических ограничений человека в переработке информации. Письменность служит не только для репродукции в сознании мыслей и образов, которые в нем когда-либо существовали. Внешняя знаковая запись принимает участие в мыслительном процессе человека. Уже в простейших рассуждениях современный человек использует карандаш и бумагу (например, при математических преобразованиях). Разумеется, невозможно абсолютно точно указать, где проходит граница культурного развития человечества, которая не могла бы быть достигнута без письменности. Однако в письменности мы имеем дело с первым симбиозом между человеком и внешней информационной системой. Правда, письменность является пассивным участником этого симбиоза. Тем не менее уроки этого симбиоза весьма существенны и для развития кибернетического симбиоза «человек — машина».

Устная и письменная речь происходят на одном и том же языке, хотя и представляют собою его различные вариации. Поэтому не требуются трансляторы при переходе от использования устной речи к письменной и обратно. Существенно также, что человек в современном цивилизованном обществе обычно овладевает письменностью на ранних этапах индивидуального развития и поэтому мы ныне не сталкиваемся в обществе с «письмобоязнью», как мы сталкиваемся с «машинобоязнью», являющейся одним из барьеров, препятствующих использованию ЭВМ в различных областях деятельности. Правда, вопрос о создании симбиоза «человек — письменный текст» никогда не стоял, ибо письменные тексты никогда не были системами, автономными по отношению к человеку. Совершенствование письменности шло во взаимодействии с совершенствованием многих других аспектов человеческой культуры, в частности с совершенствованием языка.

4 В-четвертых, письменность является важным средством самопознания человека. В письменных текстах человек воплощает, хотя и грубый, далеко не полный, в известной мере искаженный, но все же дублет ряда сторон своего внутреннего духовного мира и не только свои знания, но и свой язык, категориальный и логический строй своего мышления. В вокально-слуховом канале

коммуникации происходит очень быстрое затухание, и устный текст поэтому трудно поддается какому бы ни было исследованию. Лингвистическое описание языков, описание формально-логического строя мышления логикой, исследование категориального строя мышления философией — все это стало возможным лишь благодаря письменным текстам.

Отметим еще, что письменный вариант естественного языка содержит в себе внутренние предпосылки для развития иных языковых систем, в частности для перехода к искусственным языкам. Большая устойчивость визуально-графического канала связи позволяет резко сократить избыточность, играет важную роль в различных формах компрессии речи и, следовательно, есть одно из условий перехода к символическому письму.

Между изобретением письменности и возникновением кибернетики прошло много тысяч лет. И может показаться, что не имеет смысла искать истоки кибернетики в столь глубокой древности. Однако мы рассматриваем возникновение кибернетики как качественный сдвиг в процессе преодоления ограниченности психо-физиологических возможностей человека, а начало этого процесса восходит именно к возникновению письменности. Между временем добывания огня трением и появлением паровой машины лежит не меньший срок, и, хотя добывание огня стоит на пороге истории человечества и развитие современных производительных сил в очень многом обязано паровой машине, все же, как отмечал Энгельс, не подлежит сомнению, что добывание огня трением превосходит паровую машину по своему всемирно-историческому освободительному действию⁷.

Развитие письменности — важный компонент предыстории кибернетики лишь постольку, поскольку мы сталкиваемся с внешним специально созданным для информационных целей продуктом труда. Но в будущем в результате развития распознающих устройств (программ) письменные тексты, написанные на естественном языке, несомненно будут непосредственно использоваться в общении человека с машиной⁸.

⁷ См.: Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения, т. 20, с. 116—117.

⁸ Общение с машиной на естественном языке — это уже в известной степени реальность; см.: Виноград Т. Программа, понимающая естественный язык. М., 1976. — *Прим. ред.*

Ко времени возникновения кибернетики к ее услугам имелись перфоленты и перфокарты, магнитные ленты, а также ряд элементов автоматики, не специфических для запоминающих устройств (электромеханические и электронные реле и т. д.). Таким образом, докибернетическая техника подготовила для кибернетики довольно большой набор запоминающих элементов, которые непосредственно или в преобразованном виде могли стать элементами памяти ЭВМ.

Выше уже отмечалось, что рецепторно-сенсорная система человека обладает ограниченными возможностями. Самосозидание человека в процессе труда, в частности, заключается и в восполнении психофизиологических рецепторов искусственными средствами. Этот процесс начался в глубокой древности. Так, например, три тысячи лет до нашей эры появились часы, в III в. до нашей эры в китайских летописях упоминается компас и т. д. Материализм всегда подчеркивал, что специфическое устройство органов чувств человека не является абсолютной границей человеческого познания⁹. Однако, хотя граница и не абсолютна, она существует, и в ходе развития практики и познания возникают познавательные и жизненные задачи, решение которых категорически требует преодоления этой границы. В эпоху научно-технической революции (НТР), когда производственное воздействие человека на природу во многих отношениях по своим результатам и масштабам стало сопоставимым с природными процессами, преодоление природной ограниченности органов чувств стало абсолютной необходимостью.

Создание приборов есть одна из линий преодоления границ познавательных возможностей человека как биологического существа (разумеется, на базе самих этих возможностей). Маркс особо подчеркивал значение приборов — «философских инструментов» — и их возрастающей точности для теории и практики¹⁰.

Кибернетика могла воспользоваться в готовом виде многочисленными приборами, созданными предшествую-

⁹ См.: Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения, т. 20, с. 554; Фейербах Л. Избранные философские произведения, т. 2. М., 1955, с. 632—633.

¹⁰ Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения, т. 47, с. 439, 477. Оригинальную классификацию приборов см. Лазарев Ф. В., Трифонова М. К. Роль приборов в познании и их классификация. — Философские науки, 1970, № 6.

шим развитием техники, в качестве датчиков информации для управляющих устройств. Но ей предстояло преобразовать эти датчики и подчинить их своим целям, поскольку эти приборы не выполняли функций анализаторов. Они, например, не способны к сжатию информации, опознанию образов, целостному восприятию объектов. Правда, в докибернетический период были созданы и регулирующие устройства, которые по своей функции и схеме близки к кибернетическим (типа регулятора Уатта). Они собирают информацию о течении процесса и «принимают решения», вырабатывают команду исполнительным органам, т. е. здесь как будто имеет место целостный управленческий акт, осуществляемый на основе принципа обратной связи. Однако этот процесс весьма примитивен, регулируется значение одной переменной. Режим работы заранее задан. «Принятие решения» не означает выбора линии поведения. Все это значит, что регулирование такого типа носит докибернетический характер.

Общий вывод, который можно сделать относительно технических предпосылок кибернетики, состоит в том, что предшествующее развитие техники создало ряд средств сбора, хранения и передачи информации. Кибернетике предстояло развивать системы принятия решений и синтезировать их с обслуживающими эти системы дополнительными органами, которые в свою очередь нуждались в преобразовании.

Предпосылки кибернетической техники лежат не только в технике. Для развития внешней «нервной системы» требовалось не только создать ее субстрат в виде ЭВМ с ее дополнительными органами, но и научиться использовать эту технику для решения многообразных задач. Обеспечение универсальности этой системы требовало, с одной стороны, всестороннего развития теории и практики программирования, а с другой — математизации совокупности областей науки, к которым должна была применяться вычислительная техника.

Предпосылки решения этих задач также создавались в докибернетический период. Сюда относится в первую очередь развитие математической логики, которая возникла и развивалась совершенно независимо от практических задач вычислительной техники и техники управления. Лишь в сороковые годы была доказана воз-

возможность использования алгебры высказываний для анализа и синтеза релейно-контактных схем, но это уже было скорее не предисторией кибернетики, а начало ее становления.

К другой группе относятся исследования сложных систем с целесообразным поведением.

Наука об управлении, правда, не как общая теория управления, развивалась в рамках физиологии. Не случайно кибернетика исторически возникла в результате познавательного симбиоза математиков, инженеров и физиологов. Винер непосредственно ссылается на Павлова и его школу. Фактически идея обратной связи как важнейшего компонента всякого управленческого акта развивалась в работах советских физиологов П. К. Анохина, Н. А. Бернштейна и других независимо от кибернетики. Эта же идея, с другой стороны, разрабатывалась Кенноном, который исследовал «мудрость тела», т. е. гомеостатические процессы и состояния в нем. Законы автоматического регулирования действуют в полной мере в физиологических системах. Это значит, что, с одной стороны, исследования реальных физиологических систем могли играть эвристическую роль для техники, а с другой — теория автоматического регулирования потенциально способна была объяснить определенные физиологические процессы.

Биологические системы вообще — это системы сложные, состоящие из большого количества элементов; в них имеется множество разнообразных связей между элементами; течение биологических процессов описывается весьма большим числом переменных; многим биологическим системам присуще большое число степеней свободы и т. д. В неорганической природе наука не сталкивалась с системами такой степени сложности. Отсюда в биологии формировались идеи и методы, специфические для познания сложных систем. Формировалась общая теория систем (Берталанфи и др.).

По существу идеи и методы теории систем сложились задолго до биологии в общественных науках и прежде всего в марксистской политической экономии. Современная теория систем конкретизирует математическими методами диалектические идеи о единстве мира, всеобщей связи вещей, соотношении целого и части. Логика «Капитала» есть главным образом логика анализа слож-

ных развивающихся систем, хотя сложная система капиталистической экономики анализируется Марксом без развитого математического аппарата. Маркс вполне сознавал необходимость такого аппарата, но математика того времени его не имела.

Так или иначе, но именно от общественных и биологических наук шла линия формирования теории сложных систем. С другой стороны, кибернетика, отправляясь от техники, также шла к формированию общей теории управляемых систем. Реальное содержание той и другой теорий в значительной степени совпадало. И сейчас нет однозначного взгляда на соотношение кибернетики и теории систем. Некоторые авторы считают их тождественными или почти тождественными по предмету, поскольку устойчивость сложной системы обеспечивается управлением. Другие считают кибернетику более частной наукой, изучающей лишь один класс систем (системы управления), третьи считают теорию систем, так сказать, предпосылочной главой кибернетики.

Во всяком случае бесспорно, что кибернетика возникла как синтез на стыке между техническими науками, с одной стороны, биологическими и социальными — с другой стороны.

Особо следует сказать о математических предпосылках кибернетики. Фактически кибернетика использует всю математику в той мере, в которой происходил или происходит процесс математизации науки. Вместе с тем, в формировании и развитии кибернетики особо важную роль сыграли такие дисциплины, как теория игр и теория информации, линейное программирование и др. Однако формирование этих дисциплин само по существу означало формирование кибернетики, точнее, ее специфического математического аппарата.

Таким образом, в процессе развития общества наряду с вызревaniem противоречий, породивших кибернетику, возникли и средства их разрешения.

* * *

Кибернетика возникла как продукт и средство разрешения определенных противоречий в развитии общества. Насколько она продвинулась в разрешении этих противоречий?

На основе теоретической и прикладной кибернетики успешно решается ряд важных задач механизации умственного и физического труда в самых различных областях науки, техники, управления экономическими процессами. Достигнута значительная экономия живого умственного труда и, самое главное, стали разрешимыми такие задачи, которые прежде обществу были совершенно не под силу.

Как справедливо отметил Н. Н. Моисеев, человек никогда не шагнул бы в космос, если бы не ЭВМ¹¹. ЭВМ позволили решить многие задачи механики, без решения которых космические полеты невозможны. Кибернетические методы сыграли важную роль в разработке системы датчиков для космических аппаратов, обеспечении экономичности и надежности связи с этими аппаратами, управлении луноходом и другими космическими роботами и т. д.

Можно было бы привести много примеров использования вычислительных машин при решении экономических задач, на всех уровнях функционирования АСУП и АСУТП. В активе кибернетики численное решение огромного количества научных, технологических, экономических задач.

Можно сказать, что кибернетика, ее теория и техника стали неотъемлемой частью человеческой культуры, человеческой цивилизации.

Так, подтверждено практически, что всякая алгоритмически разрешимая задача может быть решена ЭВМ (при достаточном объеме памяти и времени). Конечно, «машина Тьюринга» и есть алгоритм. Однако «машина Тьюринга», как известно, не есть машина в техническом смысле слова, а есть лишь определенная абстрактная схема. Принципиально новым здесь является практическая реализация логической схемы и практическое подтверждение прогноза о возможности решения задач техническими устройствами.

Далее, как выяснилось, задачи, решение которых можно передать машине, — это не только вычислительные, и вообще не только математические задачи, но и задачи логические, а в принципе — любые задачи переработки информации, в частности: доказательства тео-

¹¹ Моисеев Н. Н. Математик задает вопросы. М., 1974, с. 130.

рем, поиска теорем и особенно моделирования сложных систем. Программы для решения задач такого рода состояются, в частности, на основе эвристических методов. Это значит, что в число машинных задач включаются и задачи, которые человек обычно решает творчески.

За истекший период практически опровергнут тезис противников кибернетики, что теорема Гёделя о неполноте формализованных систем и наличие неразрешимых массовых проблем ставят непреодолимые границы развитию искусственного интеллекта. Практически опровергнут и еще один из главных тезисов противников кибернетики: «машина не способна к решению творческих задач».

Вместе с тем реализация программы, провозглашенная кибернетикой, натолкнулась и на существенные трудности. В связи с этим начались разговоры о том, что идеи кибернетики представляют собой миф, что исследователи проблем «искусственного интеллекта» сочиняют научную фантастику с целью пощекотать читателям нервы в погоне за легкими деньгами и дешевой популярностью¹².

Представляется, что такая трактовка трудностей кибернетики имеет мало общего с задачами науки. Однако сами эти трудности, несомненно, существуют. За последние полтора десятка лет кибернетика много сделала и продолжает делать с точки зрения практического внедрения своих результатов. Она успешно развивалась вширь. Это, конечно, не значит, что нет теоретических достижений. Включение в сферу кибернетики новых областей требует многих новых теоретических и практических решений. Можно указать также на совершенствование вычислительных систем от поколения к поколению. Однако с точки зрения коренных проблем кибернетики это все же в основном развитие вширь.

Передача машинам принципиально важных (с кибернетической и гносеологической точек зрения) задач по распознаванию образов, самообучению, машинному переводу, моделированию психических функций осуществляется весьма скромно. Резюме можно составить на примере исследования проблемы обучения машины игре

¹² Таубе М. Вычислительные машины и здравый смысл. М., 1964.

в шахматы, которая является моделью весьма широкого класса сложных интеллектуальных задач¹³.

Мы рассматриваем причины этих трудностей прежде всего под углом зрения взаимодействия кибернетической техники со «средой».

Что под этим углом зрения пока не удастся сделать кибернетике? Что достигнуто и что не достигнуто в этом направлении?

Наибольший эффект, несомненно, достигнут в центральном звене, т. е. в ЭВМ. Известно, что, решая ряд задач, ЭВМ общается с внешней средой, черпает из нее информацию, которую использует в процессе решения; например, внешняя информация используется в ряде случаев при обучении машин распознаванию образов. Однако среда, которая здесь используется, — крайне бедная среда. Это либо символы, причем символы предельно стандартизированного типа, либо еще более стандартизированные внешние предметы. Взаимодействие с реальной средой здесь пока вопрос будущего.

Далее, при решении ряда научных и практических задач ЭВМ получает информацию не только от человека, но и от разнообразных датчиков, измерительных приборов. Следовательно, казалось бы, кибернетические системы, созданные техникой, суммарно не только преобразуют символы, но и содержательно взаимодействуют со средой. Это машины с «глазами и ушами» (как говорил еще Винер).

Однако большинство этих приборов несопоставимо с органами чувств, являясь, как правило, лишь элементами рецепторов. Они фиксируют значения заранее отобранных переменных, неспособны или почти неспособны к самостоятельной целенаправленной фильтрации информации, которая содержится в среде. Так же мало они способны к сжатию информации. Отдельные датчики не объединены во взаимодействующие системы, и ЭВМ, базирующиеся на них, не способны к восприятию целостных объектов и реакции на них. Этого удастся достигнуть лишь там, где объект (процесс) весьма прост и может быть представлен значениями нескольких переменных. Все это резко ограничивает возможности ЭВМ, не

¹³ О результатах в этой области и некоторых перспективах см., например: *Ботвинник М. М. О кибернетической цели игры. М., 1975.— Прим. ред.*

дает им возможности использовать арсенал методов, аналогичных взаимодействию чувственного и абстрактного уровня отражения в человеческой психике.

Под углом зрения взаимодействия со средой следует рассмотреть и так называемые промышленные роботы (ИПР). Они представляют собою механические устройства, управляемые автономно действующей решающей системой (на базе ЭВМ), и имеют развитые подсистемы восприятия зрительной, тактильной, звуковой и иной информации о внешней среде. Интегральный робот принимает решение о своих действиях и активно их выполняет, производя необходимые преобразования среды и перемещения в ней¹⁴.

Принципиально важно здесь, что в одной системе оказываются все компоненты общей кибернетической схемы: эффекторы, решающее устройство, датчики информации, между которыми имеется тесная связь.

Интегральный робот функционирует в реальной среде и преобразует ее. Этой средой является действительное трехмерное пространство, в котором робот способен перемещаться и манипулировать. Это связано с наличием у него системы зрительного отражения внешней среды. Воспринимаются различного рода трехмерные сцены. Существенно также, что такой робот наряду с «глазами» зачастую имеет «уши» и щупы. Информация, получаемая от этих устройств, служит не изолированному регулированию тех или иных манипуляций, а объединяется в ЭВМ и как целое является основой принятия ею решения.

С гносеологической точки зрения очень важно, что здесь отражательный процесс есть продукт не одностороннего воздействия внешней среды на систему, а взаимодействия между роботом и средой. Активная роль принадлежит, главным образом, роботу. Так, например, формирование зрительного отражения оказывается зависимым от «точки зрения», т. е. от точки, в которой находится робот, и перемещение этой точки способствует более полному и точному отражению объекта. Робот чередует действия и зрительный анализ, осмотр и ощупы-

¹⁴ Кузин Е. С., Поздняк К. Е., Цукерман Н. И. Интегральные роботы — новое поколение автоматов. — В кн.: Интегральные роботы. М., 1973.

вание, меняет точки наблюдения, в общем он активен. Такого рода робот, по существу, способен к моделированию целостного замкнутого поведенческого акта, включая преобразование реальной проблемной среды. В ЭВМ, управляющей роботом, имеется модель проблемной среды, пополняющаяся и изменяющаяся в процессе функционирования, и формирование решений происходит с помощью этой модели.

Правда, пока еще очень слаба «эрудиция» роботов. Современные роботы в полностью автономном режиме могут работать либо в детерминированных проблемных средах, либо в средах, где варианты развития событий могут быть заранее предусмотрены, а ЭВМ снабжена соответствующими программами. Это означает, что взаимодействие со средой и у разрабатываемых роботов третьего поколения остается формальным. Лишь когда робот научится менять свои синтаксические правила в результате взаимодействия со средой, можно будет говорить о содержательном взаимодействии с последней.

Наряду с взаимодействием со средой все большую роль сейчас приобретает взаимодействие между технической кибернетической системой и человеком.

ЭВМ уже в настоящее время широко включены в гносеологический симбиоз «человек — машина». Мы уже отмечали, что ЭВМ, опираясь, главным образом, на свое превосходство перед человеком по быстродействию, оказались способными решать задачи качественно более высокой сложности, чем человек без ЭВМ. Результаты, получаемые машиной и интерпретируемые человеком, вливаются в общую сумму человеческих знаний и, следовательно, гносеологический симбиоз «человек — машина» реально функционирует и развивается.

Однако этот симбиоз функционирует, по существу, лишь на социальном, а не на психологическом уровне. Одно из важнейших достоинств ЭВМ состоит в том, что она действует автоматически.

Она получает программу и до полного решения задачи не общается ни с человеком, ни с другими машинами. В такой ситуации не находится ни один человек, решающий ту или иную научную задачу. По существу, задавая машине задачу, мы от нее требуем значительно большего, чем от самого высококвалифицированного специалиста — чтобы она на основе весьма ограничен-

ной информации решала задачи абсолютно самостоятельно. Вместе с тем, учитывая характер современных программ, мы, требуя слишком многого от машины, требуем слишком много и от себя. Мы заставляем себя иметь полный план решения задачи независимо от получаемых промежуточных результатов и лишаем себя возможности совершенствоваться или менять план в ходе решения.

Дело, разумеется, не только в этом. Человек содержательно взаимодействует с миром и его интеллект базируется на чувственных образах. Кант подчеркивал, что рассудок сам по себе слеп. Мы же хотим, чтобы искусственный интеллект вслепую решал не хуже нас задачи, которые мы решаем, будучи «зрячими». Это значит, что мы рассматриваем машину как интеллектуальный супермен. Надо также иметь в виду, что у человека элементарные шаги переработки информации другие, чем у машины. Иногда то, что на уровне сознания для человека есть элементарный шаг, для машины является сложной задачей.

Разложение творческих задач на машинные элементарные шаги приводит к значительному росту времени, а в ряде случаев такое разложение (по крайней мере на современном этапе) неосуществимо.

Все это привело к развитию психологического симбиоза «человек — машина», функционирующего в познавательных целях и, прежде всего, к разработке проблемы диалогового общения человека с ЭВМ¹⁵.

Использование машины в диалоговом режиме позволяет наилучшим образом реализовать как преимущества человека, так и преимущества машины во всех случаях, когда задача относительно несложно расщепляется на легкоформализуемые и трудноформализуемые фрагменты. Машина в этом случае выполняет различные поручения человека, просматривает варианты, вычисляет значения функций и информирует человека о промежуточных результатах. Человек — пользователь машины — в свою очередь информирует машину о своих новых решениях, изменениях программы, сообщает ей новую информацию и т. д.

¹⁵ См.: Глушков В. М. Диалог с вычислительной машиной. — Управляющие системы и машины, 1974, № 1, с. 3—7.

Такое общение требует сближения человеческого языка с языком машины. Это сближение в принципе осуществляется по двум направлениям. Во-первых, это приспособление языка человека к «пониманию» машины и, во-вторых,— это приближение входного языка машины к обычному языку. Последняя задача отнюдь не тривиальна. Если внутренний язык машины слабо развит, то трансляция на него входного языка, близкого к естественному, весьма сложна. Если внутренний язык машины относительно высоко развит, то весьма сложна интерпретация до уровня микрокомандных сигналов. Очень важно, чтобы машина выдавала необходимые промежуточные результаты быстро и в том же масштабе времени, в котором происходит мыслительный процесс у человека и в удобной для человека форме, т. е. чтобы машина выдавала и принимала информацию всем многообразием доступных человеку средств: письменно, графически, вокально.

Проблемы машинного языка имеют значение и далеко выходящее за пределы задач диалогового общения. Человеческий язык многоуровневый, он позволяет сжимать и развертывать информацию. Повышение уровня «эрудиции» машин также требует наличия в ней многоуровневого языка, благодаря которому краткая команда человека могла бы быть развернута в длинную совокупность команд, а информация, добытая машиной, выдавалась бы на том уровне сжатия, который наиболее удобен для человека.

Таким образом, на наш взгляд, ограниченность современного уровня кибернетики заключается прежде всего в неспособности содержательного взаимодействия со средой, в бедности языка машины, слабой иерархичности фиксации и использования информации. В силу этих причин современный этап вынужден оставаться не столько этапом автоматических систем, сколько автоматизированных систем, в которых человек выполняет содержательные и творческие функции, а машина — формальные. Перспективы кибернетики связаны как с дальнейшим развитием формальных методов, их распространением на все новые области, так и с совершенствованием взаимодействия кибернетических систем, созданных техникой, со средой и с человеком.