

Б.Ф. Ломов

ученые\*  
**дэ**  
школьный

# Человек и автоматы





**БОРИС ФЕДОРОВИЧ ЛОМОВ** — член-корреспондент АН СССР и член-корреспондент АПН СССР, один из ведущих психологов страны. Родился в 1927 г. в Горьком. В 1951 г. закончил психологическое отделение философского факультета Ленинградского университета.

В 1966 г. стал деканом созданного в ЛГУ факультета психологии. С 1971 г. и по сей день Борис Федорович — директор Института психологии АН СССР в Москве. С 1968 г. по 1983 г. был президентом Общества психологов СССР.

Б. Ф. Ломов — главный редактор «Психологического журнала», член исполкома Международного союза психологических наук, почетный член ряда зарубежных психологических обществ.

Профессор Б. В. Ломов — автор более 200 научных работ в области общей, социальной и инженерной психологии. Его труды сыграли основную роль в разработке методов исследования психологии управления и технического мышления.

**Б. Ф. Ломов**

Библиотечка  
Детской  
энциклопедии



# Человек и автоматы

Редакционная  
коллегия:

*И. В. Петрянов*  
(главный редактор),  
*И. Л. Кнуляни,*  
*А. Л. Нарочницкий*



Москва  
«Педагогика», 1984

ББК 88.4  
Л74

Рецензент

член-корреспондент АН СССР  
*И. Т. Фролов*

Литературная обработка

*С. М. Иванова*

**Ломов Б. Ф.**

Л74 **Человек и автоматы. — М.: Педагогика, 1984. — 128 с., ил. — (Б-чка Детской энциклопедии «Ученые — школьнику»).**  
**35 коп.**

Посвящено сравнительно молодой науке — инженерной психологии. Объект ее исследования — оператор, человек, занятый в системах управления решением оперативных задач. Оператор (пилоты, авиадиспетчеры, рулевые подводных лодок, космонавты и т. д.) — это профессия века.

Рассматриваются аспекты приспособляемости психики людей.  
Для старшеклассников.

Л 4306000000-067 КБ-7-21-1984  
005(01)-84

ББК 88.4  
15

© Издательство «Педагогика», 1984 г.

Четверть века назад, в 1959 г., при Ленинградском университете была создана первая в нашей стране лаборатория инженерной психологии: народу немного, да на первых порах и развернуться особенно было негде. Часть сотрудников занимала три комнаты на верхнем этаже бывшего Меншиковского дворца, который стоит напротив Медного всадника, на самом берегу Невы. Несколько человек работали в двух комнатухах на историческом факультете, а остальные — в древнем домике в глубине университетского двора.

Теперь, когда инженерную психологию изучают в девяти университетах страны, инженерно-психологические исследования ведутся в десятках институтов и заводских лабораторий, тогдашние перипетии с поиском помещений, доставанием аппаратуры, с утверждением новой науки среди существующих наук кажутся странно далекими, не происходящими с тобой и твоими сотрудниками. Но кажется это лишь миг. Начинаешь вспоминать и тотчас ощущаешь — все это было: и переезд лаборатории на улицу Красную, и собственный переезд в Москву, где пришлось организовывать уже не лабораторию, а целый академический институт — Институт психологии.

Сколько наук, прогремевших потом на весь свет, начинали именно так, в старинных университетских лабораториях и кабинетах: ядерная физика, квантовая механика, молекулярная биология, кибернетика. Да это еще что! Первые космические расчеты делались в скромном провинциальном домике в Калуге, теория относительности обдумывалась за конторкой патентного бюро, а генетика зародилась и вовсе в монастырской келье. В стенах академиче-

ского института науки проводят не отрочество свое и не юность, но зрелые годы.

Отрочество инженерной психологии совпало с отрочеством кибернетики — науки об управлении и связи в живых и неживых системах. Они вообще ровесницы: и та, и другая родились вскоре после второй мировой войны, хотя и осознали себя как научные дисциплины несколько позже.

Кибернетика сыграла огромную роль в развитии вычислительной техники и средств автоматизации. В годы, о которых идет речь, только и разговоров было что о «кибернетических машинах», об «умных машинах», о том, когда же они заменят людей «во всех сферах жизни». В том, что это рано или поздно произойдет, одно время почти не сомневались. Некоторые основания для уверенности, по правде говоря, были. ЭВМ первого поколения, громоздкие, ненадежные, пожиравшие уйму энергии, уходили со сцены и уступали место ЭВМ второго поколения, построенным не на лампах, а на полупроводниках.

Второе поколение справлялось уже с такими сложными задачами и так быстро, что третьему и четвертому поколениям ЭВМ сулили полное господство везде — от управления заводом до музыкального творчества. Что оставалось делать человеку, было неизвестно. В популярных книгах можно было прочесть, что у человека путь один — изобретать и конструировать новые машины.

Отрезвляющие голоса слышались, конечно, скоро, и принадлежали они тогда не специалистам по машинам, а специалистам «по человеку» — психологам. Но не вообще психологам, а инженерным психологам — представителям науки, поставившей целью исследовать все стороны и оттенки информационного взаимодействия человека и машины (машины в самом широком смысле этого слова, маши-

ны как всякой современной техники и в особенности техники автоматизированной), исследовать для того, чтобы обязанности между человеком и машиной распределить наилучшим образом.

Вопрос поставлен неверно, сказали представители инженерной психологии: не «человек или машина?», а «человек и машина», не противопоставление одного другому и не замена одного другим, а разумное их сотрудничество — вот где ключ к решению всех проблем автоматизации и научно-технического прогресса!

Психологи составили сравнительный перечень достоинств и недостатков человека и машины. Перечень потом уточнялся, дополнялся каждый год, но основа его оставалась неизменной. Не так уж плох человек — вот что следовало из него. Да, человек вычисляет медленно и неточно. Да, количество информации, которую он в состоянии переработать за определенное время, невелико. Да, работоспособность его не безгранична, он нуждается в отдыхе. У него есть нервы, и он подвержен эмоциональным срывам. Во всем этом он безнадежно уступает машине. Зато машина почти не умеет исправлять свои промахи, и она связана в выборе способов действия программой. А уж использовать неполную информацию и создавать по отрывочным фрагментам (и тем более по информации, ей непосредственно не адресованной) представление о ситуации ей и вовсе не удастся. Она способна за минуту выполнить миллион операций, но не отличит, например, одно лицо от другого.

Нет, не так уж плох человек! Он умеет учитывать вероятности событий и предсказывать их развитие лучше машин. Но самое главное и неоспоримое его преимущество — умение разумно и творчески действовать в непредвиденных ситуациях, действовать на основе опыта, интуиции и способности

к тем приемам мышления, смоделировать которые удастся еще очень не скоро.

Как реализовать эти преимущества? Как помочь человеку почувствовать себя полным хозяином автоматике, избавить от унижительной и недостойной роли слуги «умной машины» и превратить его — нет, не в ее партнера (это было бы только полдела) — в командира, решительного, инициативного, изобретательного? Вот какими проблемами занялась с первых же дней своего существования инженерная психология, вот ради чего она и возникла на стыке психологии и техники, рядом с уже существовавшей психологией труда, возникла и вместе с кибернетикой, с другими науками принялась за разработку систем «человек — машина».

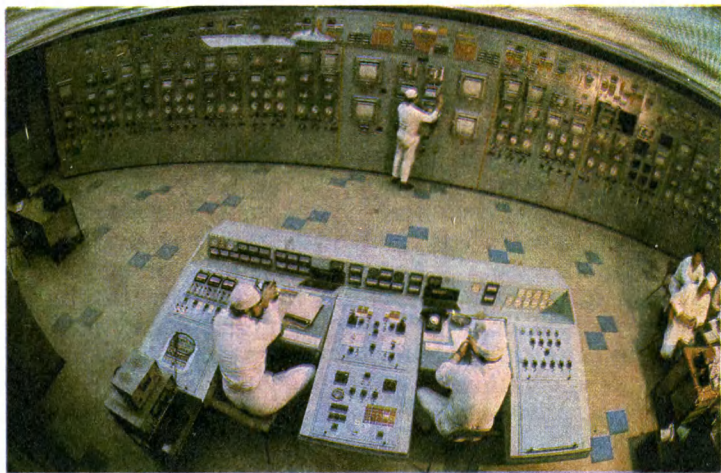
**Он же не машина!** А помощь человеку, работающему среди автоматов, требовалась тогда самая экстренная, самая неотложная. Человека, управляющего техникой, начала захлестывать лавина информации. Он стал болезненно ощущать на себе неупорядоченность ее потоков.

Представьте себе пост управления автоматизированной системой. В специальном помещении стоит дугообразный стол с несколькими рядами переключателей и кнопок. Это пульт управления. Напротив стола, во всю стену, — щит с приборами, лампочками, экранами. За пультом сидит человек и, поглядывая на дрожащие стрелки приборов и на мигающие лампочки, поворачивает переключатели и нажимает на кнопки.

Такие посты можно увидеть на любой электростанции, на химическом или металлургическом заводе, в диспетчерской железнодорожного узла и аэропорта, в штурманской рубке корабля, в центре управления космическими полетами, на командном пункте ускорителя частиц или ядерного реактора. Кабина космического корабля, реактивного лайнера, электровоза — и это операторский пост.

Пост этот бывает величиной со спортивный зал, и там работают десятки людей, а может быть и с маленькую комнату, где за пультом помещается один человек или двое. Но независимо от размеров поста, особенностей аппаратуры, количества людей, от того, где находится объект, которым эти люди управляют, движется он или неподвижен, независимо от того, наконец, как именуются все эти люди — авиадиспетчеры ли, дежурные ли по станции, ап-

Учебный тренировочный учебном пункте  
центр при управлении.  
Нововоронежской  
АЭС. Занятия на



паратчики химических заводов или машинисты, всех их объединяют одним понятием — операторы. Ведь все они делают одно и то же — перерабатывают оперативную информацию и принимают на ее основе решения, связанные с управлением техникой.

Четверть века назад, когда в нашей стране появилась первая лаборатория инженерной психологии, операторов было еще сравнительно немного, а теперь это главная профессия века. Операторов — сотни тысяч, если не миллионы. Они работают всюду — на суше и на море, в воздухе и под водой, под землей и в безвоздушном пространстве.

Что особенного в операторском труде? Почему операторам потребовалась экстренная помощь? Неужели так трудно наблюдать за приборами и нажимать на кнопки?

Пост управления вы себе представили. А теперь представьте объект, которым управляют операторы. Скажем, блюминг. Это целая линия машин, механизмов, моторов — линия длиной полкилометра. В конвертерах сталевары плавят сталь и отправляют ее затем в прокатный стан, чтобы она превратилась в листы, трубы, рельсы. Но сразу прокатать вышедший из печи слиток невозможно, его надо сначала как следует обжечь. И слитки, прежде чем попасть на прокатку, проходят через обжимный стан — блюминг.

С грохотом влетает по рольгангу слиток в рабочую клеть. Слиток пышет жаром и брызжет окалиной. Валки втягивают его в окошко — калибр, и с противоположной стороны клетки показывается удлинённый брус. Окошко уменьшается, валки гонят слиток обратно, вот он опять в передней части клетки, опять захватывают его валки, опять он протискивается в окошко. И так он мечется взад и вперед, пока не сожмется до нужных размеров и не умчится вдаль. И снова жар, грохот — прибывает новый слиток.

Около рабочей клетки сооружен помост. Поднимемся туда по лесенке и заглянем в кабину, защищенную от окалины и жара сеткой и особым стеклом. Что за зрелище! Два виртуоза-оператора с помощью рукояток и педалей управляют двигателями блюминга.

Быстрее, кажется, невозможно — сорок тысяч движений руками и ногами за смену! Каждое отклонение стрелки на приборе — сигнал о том, что надо действовать, действовать молниеносно, иначе сломается многотонный валок, и блюминг станет на ремонт. Оператор знает это, волнуется и... ошибается, хоть и не часто, но ошибается. Он же не машина.

Но разве нельзя заменить его машиной? Пусть машина и воспринимает все сигналы об отклонениях

и так же молниеносно отдает распоряжения двигателям блюминга. Ведь автоматы летают на Луну, берут там грунт и возвращаются с ним обратно, садятся на Венеру, возят работающим на орбитальных станциях газеты, еду и инструменты. Неужели управлять блюмингом труднее?

Научили ЭВМ управлять блюмингом! Уже несколько лет, как машины управляют металлургическими агрегатами. Но в машинной программе, оказывается, не предусмотреть всех ситуаций: слишком сложен процесс, слишком много в нем «переменных». И оператор все равно не уходит со своего поста. То и дело вмешивается он в управление блюмингом, откликаясь на зов своего автоматического помощника. Физически он теперь устает гораздо меньше, чем прежде, но нервы его по-прежнему напряжены. Он ведь отвечает за сохранность техники.

Знаете ли вы, как формируют железнодорожные составы на сортировочной горке? Там оператор сидит рядом с ЭВМ неотлучно и на своем пульте совершает каждую секунду 2—3 переключения. Снизить темп он не имеет права — промедление в полсекунды может вызвать крушение. Какой же мобилизации всех психических сил требует эта работа!

Не удалось пока научить машину самостоятельно водить поезда, управлять посадкой и взлетом самолетов, командовать большим цехом, расшифровывать многие зрительные и звуковые сигналы. Вернее, удалось, но наполовину. Много лет мы с вами слышим об автодиспетчерах, автопилотах, автомашинах, и они действительно существуют. Но видел ли кто-нибудь, чтобы пассажирский самолет летел, ведомый одной автоматикой и в кабине у него никого не было? Или чтобы поезд метро выползал из тоннеля без машиниста? «Луна-20», конечно, слетала за грунтом одна, и «Венера-14» садилась на Венеру одна, и скоро одни, без людей полетят ис-



следовать знаменитую комету Галлея автоматические станции. Но сколько операторов, сидящих в центрах управления полетами, корректируют маневры «Лун» и «Венер», сколько их будет напряженно следить за полетом станций к комете, внося на ходу поправки в их траекторию!

Тысячи самых разнообразных дел умеют делать автоматы, но ни один из них не выходит из поля зрения человека. Человек-оператор следит за ними, получает от них информацию и принимает решение о том, что они должны делать дальше.

**Основная тенденция.** Оператор, управляющий блюмингом вручную и «вножную», только и мечтал, что о верном помощнике, который взял бы на себя львиную долю всех изнурительных переключений и нажимов. Есть у него теперь помощник! Есть такие помощники и у энергетиков, и у работников химических цехов, и у машиностроителей. Везде, где технологию удалось сделать непрерывной, где потоки информации введены в определенное русло, людям помогает автоматика. Облик современной промышленности, транспорта, средств связи, строительства — всех сфер труда определяют и будут определять не «заводы на замке», которые в первой половине нашего века грезились энтузиастам автоматизации, а системы «человек — машина», где человек и техника включены в единый контур регулирования.

Такова основная тенденция научно-технического прогресса. Сегодня в наиболее развитых промышленных странах доля ручного труда в общем объеме всех его видов сократилась начиная с 1961 г. с 76 до 8%, доля полностью автоматического производства возросла с 12 до 32%, а доля автоматизированного — с 12 до 60%. К 2000 г. на эту, последнюю долю будет приходиться не менее двух третей общего объема труда. Что же такое автоматизиро-

ванный труд? Это такой труд, где непосредственной обработкой веществ и материалов, распределением энергии и информации заняты машины, а их работу с помощью автоматических устройств направляет человек.

## Цена ошибки

**Непредвиденная ситуация.** Автоматизированные системы управления (АСУ) строят повсеместно — на заводах и шахтах, на железных дорогах и в строительных трестах, в системах связи и даже на больших кораблях. И всюду АСУ представляет собой систему «человек — машина». Рядом с каждой автоматической системой или с ЭВМ находится оператор, без которого вся эта техника станет в тупик перед первой же непредвиденной ситуацией.

Таких ситуаций не счесть: в цехе может выйти из строя станок, на железнодорожной станции поезда могут выбиться из графика, шквал может опрокинуть в порту краны. Такими ситуациями изобилует и работа системы управления воздушным движением (УВД), которую в этом смысле считают классической.

Сколько раз в системах УВД бывали случаи, когда метеорологи не замечали какого-нибудь крошечного облачка, рождавшегося неподалеку, в горах, облачко внезапно превращалось в буран, и буран этот сковывал сугробами и льдами огромный аэродром на неделю. Взлетно-посадочные полосы заносило снегом; снег таял, и в мокрой каше буксовали самолеты; снегоуборочные команды выбивались из сил; над аэропортом кружили самолеты, ожидая разрешения на посадку; диспетчеры, сидя в радарной, напряженно всматривались в экраны локаторов, стараясь ни на миг не упустить из виду эти

самолеты и их данные — их тип, скорость, высоту полета — сложную комбинацию, в которой непрерывно происходили изменения. Сложность заключалась еще и в том, что не сами самолеты им приходилось видеть на экране локатора, а всего лишь их условные изображения — маленькие светлые пятнышки (эхо-сигналы). Вот на одном из этих самолетов отказывает навигационный прибор, и он просит внеочередной посадки.

Чем тут поможет самая что ни на есть «интеллектуальная» ЭВМ, если в ее программах невозможно предусмотреть сочетание бурана такой-то силы и характера с выходом из строя навигационного прибора на самолете такого-то типа? Помогает только одно — опыт и интуиция человека.

Мы с вами на Воскресенском химическом заводе, под Москвой, в цехе обжига серного колчедана. Производство вредное. Люди работают в непроницаемых доспехах. Оператор, управляющий обжигом с помощью системы «Пуск», не покидает своего рабочего места всю смену.

«Пуск» — это целый комплекс пневматических и электронных приборов, которые контролируют процесс в 120 точках технологической схемы. Датчики посылают сигналы о своих измерениях в блок обработки первичной информации. Там сигналы преобразуются в электрические импульсы, попадают в регулируемую часть системы, сравниваются с программой, и, если что не так, в блок управления летит тревожный сигнал. Блок оценивает характер нарушения процесса и включает механизмы, способные нарушение устранить. Скажем, упала вдруг температура — механизмы поддают жару.

Пока блок управления вычисляет и отдает команды механизмам, на пульте оператора горит лампочка. Ликвидировано нарушение — лампочка гаснет. Не гаснет — значит «Пуск» не справляется с за-



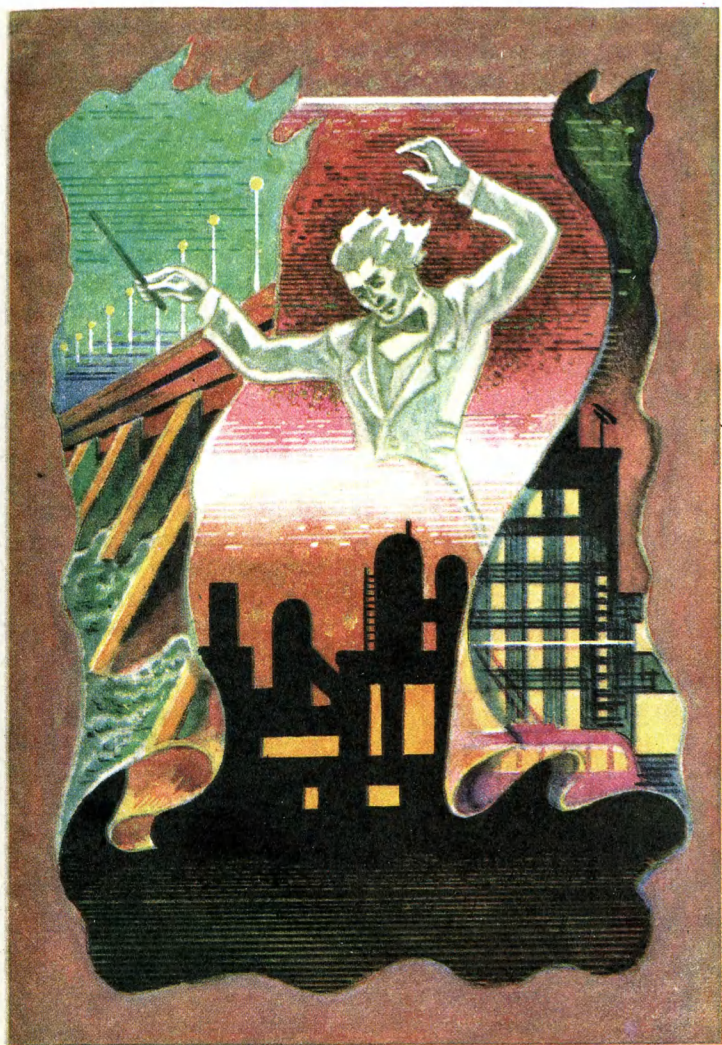
дачей. Вот тут-то оператор и вступает в игру. Он идет к пульту и начинает орудовать кнопками и рукоятками.

Обжиг — процесс нехитрый, отклоняется в нем что-нибудь от программы редко. А если и отклоняется, «Пуск» чаще всего вводит процесс в заданные рамки.

Оператор управляет обжигом в общей сложности минут сорок за всю смену, а остальное время сидит сложа руки и ждет. Так работают многие операторы. Ждут за пультами энергосистем, радаров, диспетчерских пультов. Казалось бы, нетрудное дело сидеть и ждать, не то, что управлять воздушным движением. Но это не так.

Бездельное ожидание бывает потяжелее, чем виртуозная игра на кнопках и педалях. Продав несколько часов, человек может дойти до такой степени напряжения, что красный аварийный сигнал начнет ему мерещиться в солнечных бликах или в погашенных лампочках. Но вот сигнал прозвучал, и оператор должен вмешаться в процесс. Иногда это вмешательство должно быть таким стремительным и точным, что минутное дело выматывает человека не меньше, чем месяц изнурительной работы.

Однажды в одной из наших энергосистем вдруг сразу отключилось несколько генераторов. На оставшиеся генераторы мгновенно перешла огромная дополнительная нагрузка. В таком напряженном режиме они могут работать считанные минуты, а потом — авария, гаснет свет в домах, застревают между этажами лифты, останавливаются электропоезда, замирает аппаратура в больницах, застывает металл в печах, вылетают в трубу тонны ценного сырья в химических цехах. Чтобы ввести генераторы в нормальный режим, требуется минут пятнадцать. Дежурный оператор сделал это за три минуты. Как это у него получилось, понять никто не мог, и меньше



всего он сам. Это было сверхчеловеческое напряжение всех духовных и физических сил.

Поистине профессия не из легких! Автоматы освободили человека от тяжелых физических нагрузок, но им на смену пришли нагрузки психические. То оператор изнемогает под бременем информационных сигналов, то его изматывает ожидание, и в обоих случаях он очень часто не видит того объекта, которым управляет, а имеет дело с закодированной информацией, нуждающейся в расшифровке, осмыслении. Одно дело, когда перед тобой расстилается убегающая вдаль дорога или железнодорожное полотно, и другое — когда перед тобой шкалы, экраны, дисплеи, а на них цифры или условные геометрические изображения.

**От тактики — к стратегии.** От частных операций, свойственных ручному или обыкновенному механизированному труду, от задач в основном тактических, оператор, командир современной техники, переходит к задачам стратегическим. Но ответственность стратега неизмеримо выше ответственности тактика. Выше и цена его ошибки. Если ошибется рабочий-станочник, из-под резца выйдет одна испорченная деталь, если же ошибется оператор автоматической линии, в брак пойдут сотни деталей. Последствия ошибки оператора в энергосистеме еще драматичнее, а ошибка пилота или авиадиспетчера может быть роковой. Таков один из парадоксов нынешней научно-технической революции — с развитием техники возрастает роль не только человека, но и «человеческого фактора» вообще.

Чувство ответственности — прекрасное чувство, это основа хорошей и добросовестной работы. Но если к нему примешиваются отрицательные эмоции, вроде постоянного опасения совершить ошибку, упустить что-то важное, что-то не успеть, тогда «нормальное»

напряжение может легко превратиться в перенапряжение, и человеческое звено системы «человек — машина» станет необычайно уязвимым.

Налицо еще один парадокс: основная профессия века автоматизации, века научно-технической революции оказывается одной из самых тяжелых! Как же устранить этот парадокс, это противоречие? Как сделать человеческое звено системы управления надежным и эффективным? Надежность машины рассчитать нетрудно: надо знать ее технические характеристики, свойства ее материалов, режим ее работы. Инженеры занимаются этим, и весьма успешно. Но кто рассчитывает надежность человека? Кто поможет ему? Только специалист по человеку — психолог, в данном случае инженерный психолог — специалист по информационному взаимодействию человека и техники.

## Аварии по сценарию

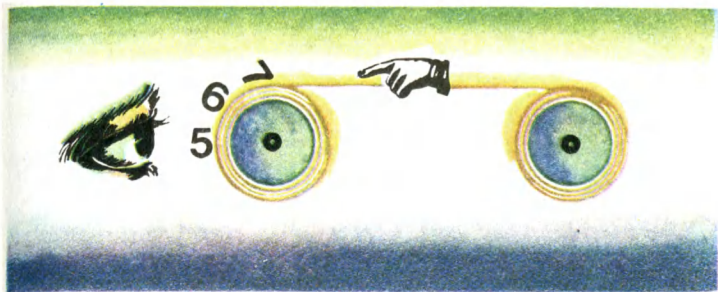
**Отбор и еще раз отбор!** Есть сколько угодно одинаковых машин, но нет одинаковых людей. Очевидно, для операторской работы нужны люди с крепкими нервами, с хорошим здоровьем: их надо отбирать так же, как отбирают летчиков и космонавтов. И тренировать их, очевидно, тоже надо. Эта простая мысль сразу же пришла в голову инженерным психологам, как только они задумались над тем, как повысить надежность человеческого звена в системе «человек — машина».

В нервной системе каждого человека особым образом сочетаются такие свойства, как сила, динамичность, подвижность, гибкость. Эти свойства глубоко исследовали известные советские психологи Б. М. Теплов и В. Д. Небылицын, и их идеи немало способствовали выработке первых отборочных тестов

(проб). Пригодился для этого и опыт авиационных психологов. Не будем вдаваться в подробности критериев отбора. Тут и без особых комментариев понятно, что человеку со слабыми нервами работать в напряженной обстановке нельзя: он может растеряться и натворить бед. Что еще нужно оператору кроме сильной нервной системы? Умение концентрировать свое внимание, сосредоточиваться, причем мгновенно. Невозмутимость, деловитость. Неплохо, если он будет не лишен чувства юмора: оно поможет ему в спорных ситуациях. Что еще? Быстрота и точность реакции, цепкая и динамичная память, безупречное зрение и слух, выносливость. И конечно, умение быстро решать оперативные задачи. Отбор и еще раз отбор! Сначала обычный, медицинский («годен — не годен»), потом сугубо психологический, с тестами, с долгими беседами, с наблюдениями за деятельностью в обстановке, близкой к реальной... А потом — профессиональная ориентация, тренировки, обучение по специальной программе.

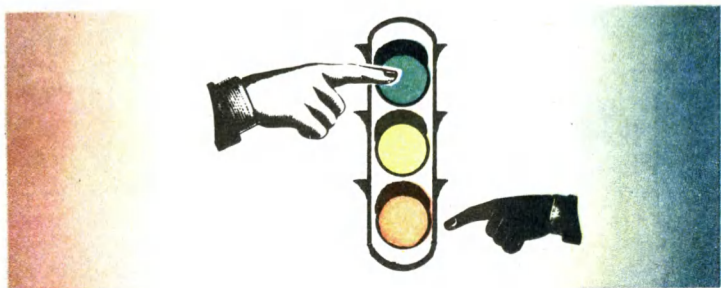
Множество разнообразных тестов и испытаний придумано для отбора и тренировок операторов. Операторская работа, как мы уже говорили, может быть невероятно монотонной. Человек сидит за пультом, и к его томительному ожиданию примешивается однообразный гул моторов и укачивающая вибрация. Каково же тогда машинисту, ведущему свой тепловоз, особенно ночью, каково шоферу в дальнем рейсе? Первое качество машиниста — способность переносить монотонную работу, способность, которой обладают далеко не все, так как не у всех аппарат бодрствования находится в идеальном порядке.

**Лента с фигурками.** Проверяют эту способность разными способами; один из них такой. На два валика надета бумажная лента, она движется перпендикулярно взору испытуемого. На ленте нарисованы



фигурки. Человек должен считать их или запоминать. Опыт длится долго — час, два, даже три. Время от времени испытуемому подают экстренные сигналы, на которые он должен реагировать как можно быстрее. В этом приборе нет ничего, что напоминало бы устройство управления тепловозом, но психологическая обстановка та же, и, наблюдая за действиями новичка, психолог может определить, какова его устойчивость к монотонным раздражителям и есть ли смысл тренировать его дальше. Правда, решиться на окончательное суждение не так-то просто. Человек может провалиться на экзамене с лентой, но произойдет это не оттого, что врожденные его качества не соответствуют требованиям «железнодорожной» психологии, а по каким-нибудь иным причинам. Приговор выносится после разнообразных проверок, после того как человека еще не раз испытают и на ленте, и в целой серии специальных задач.

Потом начинается тренировка и обучение. Перед оператором приборная панель, на панели вспыхивают лампочки, образуя комбинации, смысл которых ему, будущему машинисту, известен. В случае неблагоприятной комбинации, означающей, скажем, пробку на станции, оператор должен нажать на соответствующие кнопки. Часто тренажеры конструируют так, чтобы все было, как в жизни. На экран, перед



которым сидит будущий машинист, проецируется летящий навстречу ландшафт. Мелькают столбы, деревья, светофоры. Зеленый, зеленый, опять зеленый, а вот и красный — надо тормозить...

**В воздухе 36 самолетов.** Было время, когда к опытному авиадиспетчеру просто подсаживали учеников, и он их «натаскивал». Теперь все переменилось: тренажеры, упорные занятия, лекции, семинары. Да иначе и невозможно. Каждую минуту в нашей стране выполняется около 600 рейсов, а в воздушном пространстве может одновременно находиться 7000 летательных аппаратов. Эти аппараты движутся на разных высотах и с разными скоростями. Воздушное пространство сравнивают то с гигантским слоеным пирогом, то с огромным аквариумом, где на разной глубине носятся, опускаясь на дно и взмывая вверх, мириады рыб. Один из руководителей Аэрофлота уподобил как-то авиадиспетчера шахматисту, передвигающему фигуры в трехмерном пространстве: слон или ферзь могут ходить не только по горизонтали, но и по вертикали. Задача заключается в том, чтобы все фигуры остались целы и невредимы, более того — чтобы между ними всегда сохранялась определенная дистанция.

Управлять воздушным движением необычайно

сложно. В отличие от локомотива или автомобиля самолет лишен жесткой связи со средой, в которой он перемещается. Двигается он с огромной скоростью и затормозить, если потребуется, не в состоянии. Вот почему все процессы управления должны протекать очень быстро. Руководит ими авиадиспетчер — человек острого ума, быстрых реакций, крепких нервов, глубоких профессиональных знаний и высокой культуры.

Ежегодно стране требуется более тысячи дипломированных диспетчеров воздушного движения. Готовит их из выпускников средних школ, из лиц, окончивших различные летные училища, и, конечно, из молодых операторов-практиков Академия гражданской авиации. Подготовка интенсивная, длится она четыре года: слушатели изучают высшую математику, физику, теоретическую механику, вычислительную технику — все общеобразовательные дисциплины, которые преподаются в высших технических учебных заведениях. Сегодня в распоряжении авиадиспетчера такая сложная техника, что ему не справиться со своей задачей, если он не будет, помимо всего прочего, квалифицированным инженером.

Но прежде чем авиадиспетчер получит диплом, он должен многие часы провести за пультами электронной системы «Тренер», оснащенной разнообразными устройствами, среди которых двадцатидорожный магнитофон — самое простое. «Тренер» может имитировать одновременный полет 36 самолетов десяти типов в круговой зоне с радиусом 450 м. Благодаря особому имитатору радиосредств на диспетчерские пульта подаются сигналы от радиолокационных станций, от автоматических радиопеленгаторов, а также сопутствующие всем сигналам помехи. Упражнения на тренажере можно проводить и в замедленном темпе, и в реальном, и в ускоренном. Весь ход занятий записывается в памяти ЭВМ, так что при раз-

боре упражнения инструктор может воспроизвести любой его этап.

Очень важно, чтобы экипаж самолета и авиадиспетчер, дающий ему указания, могли понимать друг друга с полуслова, невзирая ни на какие помехи. С этой целью специально для радиообмена диспетчеров с летчиками разработана система фраз, которую заучивают наизусть, как таблицу умножения, и тренируются до тех пор, пока фразеологические навыки не станут автоматическими и безошибочными.

**С неба — на землю.** Пилоты, как мы уже говорили, первыми испытали на себе тяготы «профессии века». Техника, устремившаяся вдогонку за звуком, поставила их в критические условия. Звук отстал от самолета, а вместе с ним «отстало» и зрительное восприятие. Пилот видел на уровне самолета то, что было уже позади. Чтобы эта далеко не безобидная иллюзия не сказывалась на управлении, психологам пришлось изобрести особые методы тренировки пилотов. Потом родилась космонавтика с ее методами отбора и тренировок; многие из них были унаследованы от «авиационной» психологии. Преемственность понятна: ведь почти все командиры космических кораблей начинали свою жизнь в авиации.

Между прочим, и космонавты, попав в невесомость, столкнулись со своеобразными иллюзиями, тоже потребовавшими психологического объяснения и особых тренировок. Г. Т. Береговой, например, вспоминал после своего полета о своеобразном ощущении остановки времени: когда он брал карандаш и начинал писать, ему казалось, что рука движется намного медленнее обычного.

Но мы говорим здесь о преемственности иного рода. То, что изобретается и проходит проверку в «небесных лабораториях», в авиации и космонав-

тике, служит потом с успехом в лабораториях земных. Открытия, сделанные в особых условиях и ради особенных целей, часто оказываются долговечнее прочих: они опережают время. Выполняя космические заказы, все отрасли науки и техники поднялись на новую ступень и обогатили человечество сотнями изобретений. К таким изобретениям относятся и методы отбора и обучения «небесных» операторов. Когда стали расти скорости поездов, «железнодорожные» психологи воспользовались опытом своих авиационных коллег, уже научившихся тренировать людей для работы с высокими скоростями.

**Психологический практикум.** Недавно в г. Украинка, близ Киева, при Трипольской ГРЭС был создан первый в Советском Союзе учебно-тренировочный центр (УТЦ) для подготовки операторов энергоблоков (в штатных расписаниях их еще по старинке именуют машинистами). До сих пор, чтобы стать квалифицированным оператором, новичок проходил долгий путь — изучал оборудование, овладевал правилами эксплуатации и безопасности, работал дежурным по насосам, обходчиком турбины и котла. После экзаменов начиналась стажировка на щите управления: новичок стоял за плечами опытного оператора и следил за его действиями, пытаясь уловить тонкости искусства управления. Иногда ему доверяли и самому посидеть за пультом.

На такой, по меткому выражению энергетиков, «заплечный» способ подготовки уходило 2—3 года, а новичок все еще оставался новичком. Проходило еще немало времени, пока он на собственном опыте осваивал наиболее характерные аварийные ситуации и у него вырабатывались навыки их ликвидации. Другого способа знакомства с этими ситуациями не существовало: нельзя же было создавать аварии на действующем оборудовании!

Читатель уже догадывается, что в УТЦ аварии моделируются на специальных тренажерах. Но прежде чем попасть на эти тренажеры, новичок, прибывший на учебу с электростанции, проходит психофизиологический контроль — такой же, какой проходят летчики и космонавты. Сможет ли поступающий в УТЦ стать высококвалифицированным специалистом, под силу ли ему будет работа, требующая большого нервно-эмоционального напряжения, — словом, быть или не быть ему командиром энергоблока?

Ответ на эти вопросы дает психофизиологический комплекс УТЦ, сотрудники которого, опираясь на достижения инженерной психологии, медицины, на опыт подготовки авиационных и космических операторов, проверяют эмоциональную возбудимость испытуемого, его утомляемость, умение сосредоточиваться и быстро переключать внимание, работоспособность в режиме слежения, особенности его памяти. Кроме того, у новичков проверяют время реакции, напряженность, возникающую при решении задач различной сложности, снимают электроэнцефалограммы и кардиограммы. Делается это все с помощью специальных приборов и целой серии тестов, напоминающих публикуемые из месяца в месяц в журнале «Наука и жизнь» задания психологического практикума.

И вот новичок принят в УТЦ, но психологи не забывают о нем. Они наблюдают за тем, как он переносит тренировки, какова «цена», которую ему приходится платить за решение тренировочных задач, проверяют и уточняют прогнозы развития его способностей. Все эти сведения направляются в ЭВМ, в банк данных, где накапливаются индивидуальные характеристики обучаемых.

Тем временем будущий оператор проходит через три этапа подготовки. Сначала он попадает в классы

группового и индивидуального обучения. Там с помощью программированных пособий и современных технических средств (обучающих ЭВМ, проекторов, магнитофонов, пультов) он приобретает оперативные знания и учится принимать оперативные решения. Около 50 программированных пособий посвящены отдельным механизмам и аппаратам, целым агрегатам и, наконец, всему энергоблоку — сложному комплексу мощностью 300 МВт (скоро появятся блоки и на 800 МВт).

Второй этап — работа на участковых тренажерах, каждый из которых моделирует управление определенным технологическим участком энергоблока, например перегревом пара или синхронизацией генератора. Внешне участковый тренажер — это фрагмент щита управления энергоблоком: измерительные приборы, мнемосхема, ключи и кнопки. А внутрь тренажера помещают электронную модель поведения участка, его реакции на возмущения. Есть в участковом тренажере и пульт инструктора, с которого он по сценарию руководит ходом тренировки.

На третьем этапе все знания и навыки сливаются воедино во время занятий на центральном тренажере, который охватывает весь блок. На мнемосхеме — условном изображении технологической цепочки и агрегатов, на приборных панелях и пульте управления наглядно отображаются и пуск энергоблока, и весь режим его эксплуатации, и развитие аварийных ситуаций. Здесь оператор переходит от тактики к стратегии.

Представьте себе, что на блоке «котел — турбина — генератор» возникла опасная ситуация. Оператору надо выявить, что случилось и каковы причины неполадок. Узнать это не всегда просто: показаний приборов бывает недостаточно, а иногда их информация кажется противоречивой. Времени мало — до аварии 5—6 минут. И давит гнет ответ-

ственности — ошибка может обойтись в несколько миллионов рублей. А правильное решение все не приходит и не приходит...

Оно и не пришло бы, если бы у оператора не было развито образное мышление. Ненормальность представляется оператору искажением особого, оперативного образа. Подобно опытному охотнику, мгновенно обнаруживающему в чаще замаскированного зверя, или старому врачу, которому достаточно иногда бросить беглый взгляд на пациента, чтобы сообщить ему диагноз, опытный оператор по искажениям в структуре оперативного образа улавливает, что случилось, и начинает действовать без промедления.

**УТЦ — залог здоровья.** Центральный тренажер — инструмент для развития способностей образного оперативного мышления. Как рассказывает один из его создателей — А. Г. Чачко, «на этом инструменте можно разучивать пьесу для управления по репликам, можно репетировать отдельные сцены или целые акты, ускорять и замедлять время действия, поворачивать время вспять. Здесь ошибки, аварии не убыток, а оперативный опыт, который приобретает обучаемый».

Роли котла, турбины и генератора на центральном тренажере играют имитаторы и две управляющие ЭВМ. Одна группа имитаторов — электронные схемы, копирующие поведение задвижек, клапанов, вентиляторов и других механизмов. Другая — схемы, играющие роль авторегуляторов, блокировок и технологических защит. Ими можно воздействовать на любой имитатор первой группы. Есть еще и третья группа — имитаторы параметров. Они показывают динамику температуры, давления, уровней, «расходов», по ним можно судить обо всех процессах, происходящих в недрах блока. В самой вычисли-

тельной системе тоже разделение обязанностей: одна ЭВМ отвечает за связь с имитаторами, а другая, более мощная, занята только моделированием энергоблока.

Такая схема позволяет инструктору отключить, например, обе ЭВМ, взять их функции на себя и через имитаторы комбинировать на приборах различные ситуации, предлагая ученику распознавать их, или, наоборот, поменяться с учеником ролями и предложить ему «сконструировать» с десятков рискованных ситуаций. Естественно, что при этом технологический режим находится в статике — с него просто «снимается» кадр за кадром. Динамика появляется при включении той ЭВМ, что ведает имитаторами. Например, инструктор «аварийно» отключает турбину. В технологической обстановке происходят соответствующие перемены, и ЭВМ передает весь ход ситуации на имитаторы. Перед обучаемым возникает подлинная картина аварийного процесса. ЭВМ хранит в своей памяти уйму аварийных ситуаций и всегда готова по заказу инструктора разыграть их.

Это уже не остановившиеся кадры, не диафильм, а настоящий фильм, который видит ученик, глядя на мнемосхему и приборы. Так он учится распознавать ситуации в динамике и вырабатывает у себя «чувство энергоблока» — целостное представление о поведении управляемого оборудования, его оперативный образ. И когда инструктор внезапно отключает всю систему автоматического регулирования (она ведь тоже может выйти из строя), ученик должен взять управление на себя.

Но это еще не все. Теперь в контур управления включается мощная ЭВМ. Ощущение подлинности управления полное. На действия оператора реагируют не имитаторы, а весь энергоблок. Это называется так: динамический режим тренировки с об-

Одна из первых  
совместных работ  
психологов и инженеров.  
Пост управления  
энергетическим

блоком на ТЭЦ-21  
в Москве.



ратными связями (т. е. с такими связями между управляющим звеном и управляемым, при которых человек все время чувствует, к чему приводит то или иное воздействие на объект).

Все встречи с непредвиденными обстоятельствами разыгрываются по заранее продуманным сценариям тренировок. Как правило, это аварии различной степени сложности. И обойтись без них невозможно. Они оператору необходимы. Чем лучше работает электростанция, чем меньше на ней отказов

и нерасчетных режимов, тем ниже становится мастерство операторов.

Именно поэтому в УТЦ готовят не только новичков — там проходят переподготовку и квалифицированные операторы со всех электростанций республики. Там же, в УТЦ, учатся и операторы атомных электростанций, где к надежности и безопасности предъявляются особо высокие требования.

Конечно, роль УТЦ не сводится к одному лишь предотвращению аварий. Высокое операторское мастерство, которому там учат, — это ведь не что иное, как умение так управлять технологическим процессом, чтобы он протекал в наиболее выгодном, оптимальном режиме. И умение так работать, чтобы и личный режим труда был оптимальным. Хороший тренажер — залог здоровья и безопасности в будущем.

## 49 квадратов

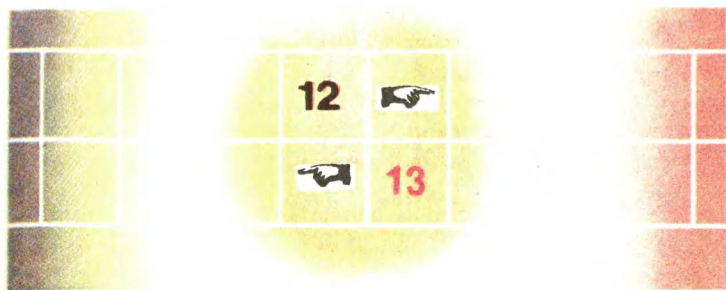
**Оператор раздваивается.** Нередко оператору приходится работать не в одном контуре управления, а в нескольких, т. е. выполнять как бы два разных вида деятельности. Машинист локомотива управляет движением поезда и вместе с тем регулирует работу его энергосистем. Работая в двух контурах, он как бы раздваивается. Особенно тяжело бывает оператору, когда он выполняет задачи, по характеру очень близкие друг к другу. Типичный пример — дозаправка топливом в воздухе.

Выполнение этого маневра требует от пилота напряженного внимания и четкой двигательной координации. Необъятный простор воздушного океана из-за близости самолета-заправщика становится вдруг тесным. В операции заправки объединены два вида деятельности: обычное и привычное пилотиро-

вание, основанное на хорошо отработанных, автоматических навыках, и пилотирование в особо сложных условиях, когда каждое действие подвергается строжайшему сознательному контролю. Эта новая операция подавляет навыки обычного пилотирования и вызывает психическое напряжение. В момент дозаправки частота пульса и дыхания у летчиков возрастают втрое, температура тела поднимается, на лбу выступает пот и из организма в 30 раз быстрее обычного выводится аскорбиновая кислота. Летчик — на грани стресса, нервного срыва, а значит, и на грани катастрофы. Срыв может произойти с любым человеком, работающим в двух контурах, особенно когда новая, недостаточно освоенная операция накладывается на привычный стереотип. Психологически сходное действие оказывает и неуместная подсказка.

К сожалению, бывают положения, когда суфлеры неизбежны, причем в их роли выступают не только люди, но и приборы. С одной стороны, их подсказка необходима, с другой — она мешает осознавать предстоящую информацию, разрушает складывающийся в мозгу образ ситуации. Выход тут один: тренировка. Один из лучших ее методов придумал психолог Ф. Д. Горбов. Было это давно, когда к полетам готовились первые наши космонавты.

**Черно-красная таблица.** Будущий космонавт стоял перед листом ватмана, разбитым на 49 квадратов. В квадратах были в произвольной комбинации написаны цифры черного цвета — от 1 до 25 и красного цвета — от 1 до 24. Космонавт должен был непрерывно вести счет черных чисел в возрастающем порядке, а красных — в убывающем, чередуя между собой эти действия да еще отмечая то одну, то другую цифру указкой. В это время приборы регистрировали его эмоциональное со-



стояние. Эксперимент с таблицей, состоящей из «раздражителей», попеременно выполнявших роль то полезных сигналов, то помех, прекрасно моделировал чреватую нервными срывами и даже кратковременными провалами памяти работу в нескольких контурах.

Труднее всего приходилось человеку на среднем этапе работы, где числовая разница между рядами уменьшалась до единицы, где он должен был говорить: «Двенадцать — черная, тринадцать — красная». В этот момент он начинал путаться в ответах, а иногда и невольно отводил взгляд от таблицы. Сердце у него колотилось, он бледнел и покрывался потом. Только он успевал вновь сосредоточиться, как внезапно включался магнитофон, и громкий голос принимался читать ту же таблицу, выполняя роль назойливого суфлера. Голос постепенно догонял испытуемого и начинал оперировать теми же или близкими цифрами, что и он. Тяжелейшее испытание на способность выполнять работу в условиях помех! Космонавты тренировались упорно, раз от разу научаясь все лучше и лучше «отстраиваться от помех». Они тренировались и при обычном атмосферном давлении, и при необычном, и когда магнитофон включался посередине, и когда он включался с самого начала.

Надо ли доказывать, что такая тренировка, как бы тяжела она ни была, пригодится не одним космонавтам или летчикам, которые должны одновременно следить за приборами, исследовать земные объекты и вести переговоры с Землей, но и всем тем операторам, которым приходится одновременно делать несколько дел? А таких становится все больше и больше.

Помехоустойчивость — одна из важнейших характеристик надежности оператора. К этим характеристикам относится и долговременная выносливость, и выносливость к экстренному перенапряжению, и степень реакции на непредвиденные раздражители, и «переключаемость» внимания, и устойчивость к неблагоприятным факторам среды — температурным скачкам, шуму, давлению. И все это надо тренировать: тяжело в ученье — легко в бою.

В «бою» же, как мы знаем, случается масса непредвиденного, так что методы тренировок и обучения приходится все время совершенствовать. Особенно много сюрпризов преподносит капризная автоматика. Например, у одного штурмана навигационный прибор отказывал только на определенной высоте. Когда штурман возвращался на аэродром, прибор автоматически включался и работал исправно! Штурман чувствовал себя ужасно неловко. Наконец он догадался сфотографировать прибор в момент его отказа в воздухе. Но он успел перед этим так наволноваться, что попал в госпиталь.

**Погоня за черной меткой.** Подобные случаи заставили психологов включить в программу отбора и тренировок курсантов особые методы для проверки координации движений и эмоциональной устойчивости. Курсантов проверяли на аппарате, состоявшем из кресла, ручки, педалей, прицела и сигнального табло. Кресло поворачивалось вокруг



своей оси и от нажимов на ручку и педали наклонялось вверх и вниз. На табло были нанесены контрольные кривые. Испытуемый, принимая разные позы, занимался «слежением с преследованием».

Само по себе это «слежение» изучалось В. М. Водозеровым и автором этих строк еще в начале 60-х гг. в Ленинградской лаборатории инженерной психологии на специально сконструированной для этого установке. Представьте себе: в темной комнате на уровне ваших глаз ярко освещенная прорезь, в которой внезапно появляется черная метка. Это символ движущегося объекта — самолета, корабля, автомобиля, дорожного ориентира; это точка, за которой одним взглядом следить мало — ее надо буквально держать в руках. Метка движется с разной скоростью, то останавливается, то ускоряет движение. Ваша задача — нажать кнопку в тот момент, когда она появится в прорези, нажать, когда она ускорит бег и когда остановится.

Пока это всего лишь проверка и тренировка ваших реакций. Но самое главное — впереди. Самое главное — «преследование». Вы стараетесь догнать движущуюся метку другой меткой — визиром — и, как бы ни менялся темп ее перемещения, не отстать от нее ни на миллиметр. Сразу это не получается, но через некоторое время дело идет на лад. Вы на-

чинаете угадывать будущее движение метки по направлению и скорости и даже опережать ее визиром. Пробуждается ваша врожденная способность к предвосхищению перемен в ситуации и к опережающим реакциям на эти перемены. Развивать эту способность необходимо всем операторам.

Аппарат с крутящимся креслом посложнее этой установки. У человека беспрерывно меняется поза, перегружая, но в то же время тренируя его вестибулярный аппарат — орган равновесия. Испытуемый должен, «преследуя врага», так управлять креслом, чтобы визиром прицела описывать кривые с заданной скоростью. Приборы регистрируют на табло все ошибки в управлении креслом, связанные с точностью слежения, все нарушения координации движений и соразмерность усилий, прилагаемых к ручкам и педалям. Другие приборы записывают частоту пульса, дыхания и кожно-гальванические рефлексy, показывающие эмоциональное состояние курсанта.

Но вот, как всегда внезапно, кресло перестает слушаться испытуемого, начинает двигаться «самостоятельно», описывая незапрограммированную кривую. Визир отстаёт от метки, человек волнуется, пульс и давление у него подскакивают, дыхание учащается. Опыт заканчивается... Психологи обследовали 67 человек, державших экзамен в летное училище, 64 из них выразили досаду, но быстро сообразили, в чем дело, и успокоились, трое же обнаружили чересчур резкую эмоциональную реакцию. В летчики они годились, но им было предложено потренироваться еще немного и привыкнуть к тому, что надежность автоматики — вещь относительная.

**Открытие под душем.** А кто не слышал об испытаниях в сурдокамерах, когда человека надолго

помещали в условия длительной изоляции, да еще в замкнутом, ограниченном объеме, где он слышал только монотонный гул двигателей да собственное дыхание и должен был выполнять определенную работу. Это было серьезное испытание психики. Но кому, спросите вы, понадобится это умение переносить одиночество, когда исследователи космоса давным-давно перешли от одиночных полетов к групповым? Да, но кто знает, какая судьба может постигнуть экспедицию на неведомой планете? А вдруг от нее останется только один человек и один достигнет намеченной цели? А исследования гигантских пещер, которые пока еще ведутся в одиночку, а восхождения на вершины гор! Представьте себе заблудившегося геолога, потерпевшего крушение моряка, летчика, который катапультировался в океан, оператора автоматизированного завода, вынужденного «отводить душу» с одними роботами. Разбушевалась стихия, смена задержалась, и человек остался один не на неделю, как предполагалось, а на месяц. Да мало ли что может случиться с людьми самых разнообразных профессий! Всем им не мешает пройти экзамен на одиночество.

Даже если они окажутся в группе, им тоже не уйти от сложных психологических проблем, которыми усердно занимается групповая психология. Месяцами работают немногочисленные экипажи орбитальных станций. Исследуют океанские глубины обитатели подводных лабораторий. Живут на полярных станциях коллективы зимовщиков. Дежурят у приборов в горах метеорологи и космофизики. По всей планете работают и живут маленькие коллективы, и жизнь их не всегда проходит без осложнений. Это серьезная проблема — психологическая совместимость коллектива. Девять месяцев великолепно чувствовала себя четверка папанинцев

на станции «Северный полюс-1». Но история знает и противоположные случаи, происходившие в той же Арктике, когда оставшиеся один на один друзья (например, знаменитый путешественник Нансен и помощник его Иогансен) целыми днями не разговаривали друг с другом.

Задолго до запуска первого «Салюта» специалисты по групповой психологии провели уникальный эксперимент — имитировали четырехмесячный полет в космос. 120 дней люди работали дружно и с честью выполнили свою программу. Перед этим они, естественно, прошли все положенные тренировки. Но для совместной работы нужны особые качества: общительность без навязчивости, дружелюбие, готовность к взаимопомощи, терпимость, склонность к юмору. При подборе группы приходится учитывать тысячи мелочей, даже такую, как разница в реакции человека на какое-нибудь событие, когда он один и когда вокруг него товарищи. История лишилась бы половины подвигов, если бы их пришлось совершать в одиночку... Лучше всего испытать людей во взаимосвязанной работе, в выполнении общей задачи. Мысль о такой взаимосвязи пришла тому же Ф. Д. Горбову, когда он мылся в душевой с несколькими кабинами. Сосед его пустил струю погорячее, а в его кабине полилась холодная вода. Эврика! Пусть испытуемые работают за устройствами, связанными друг с другом так, чтобы колебания одного звена ощущала вся система и вся система стремилась бы восстановить равновесие.

**Точность взаимных «попаданий».** Ф. Д. Горбов назвал свою систему гомеостатом, в подражание самоорганизующейся системе, которую изобрел и описал английский физиолог и кибернетик У. Эшби. Гомеостатическая взаимосвязь вырабатывает у операторов и особую ответственность, и готовность

всегда прийти на выручку товарищу. Групповая психология становится серьезной дисциплиной, со своей теорией и методикой экспериментов. Это неотъемлемая часть психологии инженерной. Впрочем, лучшие ее эксперименты — реальность. 4 декабря 1982 г. корреспондент «Комсомольской правды» опубликовал интервью с «обобщенным» космическим психологом. Длительность полета «Эльбрусов» на «Салюте-7» перевалила к тому времени за 200 суток.

— Помните, сколько споров было перед стартом? — спрашивает корреспондент. — Ведь кто-то предсказывал, что Анатолий и Валентин настолько разные по характеру и в то же время оба так склонны к лидерству, что ужиться им в длительном соседстве и в органическом пространстве будет довольно сложно...

— Такие споры идут перед каждым полетом, — отвечает психолог. — Слишком суров космос. Но, с другой стороны, не надо впадать в крайность и видеть в проблеме психологической совместимости слишком значительный барьер. Почему это два взрослых, волевых, вполне здоровых, устойчивых к стрессам, организованных человека с высокоразвитым чувством долга и ответственности (а это уже доказано на предварительном отборе и за годы подготовки) не смогут сообща выполнить порученную им работу, сознательно подавляя в какие-то моменты, если они наступят, недовольство друг другом? Это по силам каждому и на Земле, и в космосе...

— Да, Анатолий — человек очень организованный, волевой, цельный, методически упорядоченный... — продолжает корреспондент. — Очень эмоциональный, но твердо владеющий собой. Да, Валентин — более импульсивный, открытый, увлекающийся идеями, фонтан предложений и инициатив. Очень целеустремленный, принципиальный в защите своего мнения.

Может, в обычной земной дружбе или просто сотрудничестве столкновение этих качеств никаких проблем бы не вызвало. Поработали, разошлись, завтра встретились бы снова, поделились новостями. А тут полгода непрерывного общения, помноженного на ежеминутную обостренность нервов и вполне понятное утомление. Деться друг от друга просто некуда. Как сложатся отношения, да еще в непростой регламентации «командир — бортинженер»?

И вот товарищи по будущему полету встречаются с психологами и узнают от них о себе, о своем товарище, о том, как каждому следует относиться к характеру другого. В этом откровенном, доверительном разговоре упоминаются все психологические камни преткновения, которые могут встретиться в полете. Но главное, что им сказали: надежность каждого из них в любой стрессовой ситуации абсолютна. Каждый может положиться на другого больше, чем на самого себя. Потом психологи устраивают им «перекрестные выверки». Создается неожиданная житейская ситуация, и оба должны предугадать, как поступит в ней его товарищ. Чем выше точность взаимных «попаданий», тем больше, выходит, каждый знает о другом. Точность была высокой: 8 из 10.

Каждый день психологи заполняют клеточки «психодиагностических показателей», в которых отражается состояние «Эльбрусов». Видна их приподнятость в первые недели. Сбывшаяся мечта о полете, новизна впечатлений, увлеченность работой. Потом — «сосредоточенность середины дистанции». Меньше восторженных эмоций, больше точных и серьезных выводов, как правило перевыполнение рабочей программы. Упавшие голоса после проводов экспедиции посещения. Потом новый подъем работоспособности... Немногословная сдержанность Анатолия служит превосходным стержнем и опорой «комсомольскому задору» Валентина. Один суховато



скажет два слова, другой пылко — десять, потом обменяются дружескими взглядами: все в порядке.

А общение космонавтов с Землей? Ведь это тоже психологическая проблема, тоже информационное взаимодействие. «Однажды в зале управления, — рассказывает корреспондент, — вдруг слышу резкую команду кого-то из специалистов: «Немедленно закрыть такой-то клапан!» Кажется, и оператор связи должен нажать на это «немедленно». Но оператор... не проявил даже признаков нетерпения. «Ребята! Вот тут появилось мнение, что не мешало бы закрыть тот клапан. Вы не возражаете?» Нет, даром психологи ведут в Звездном предполетные занятия с операторами связи и специалистами из Центра управления полетом. Речь там идет об искусстве дирижировать психологическим климатом на борту, об умении говорить с экипажем и в минуты его радостного подъема, и в моменты усталости или тревоги.

На прощание психолог говорит корреспонденту, что одна из главных задач космических психологов — помочь своим земным коллегам. Совершенно справедливо! Плодами групповой психологии уже начинают пользоваться организаторы земных АСУ, где от психологической совместимости людей эффективность выполнения задач зависит не меньше, чем на заоблачных высотах.

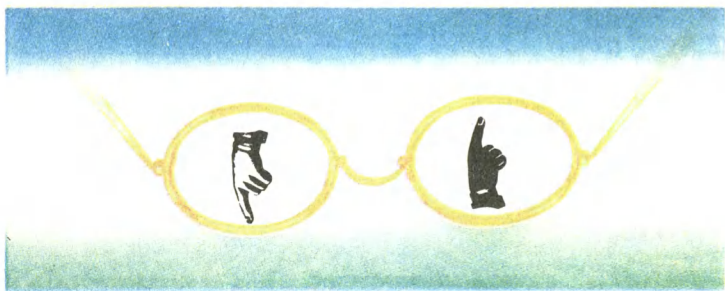
## **Машина приказывает отдыхать**

**Он сам ни о чем не подозревает!** День ото дня психологи открывают все новые и новые достоинства у человека, например необычную пластичность «сенсорного входа», т. е. его органов чувств. Может ли машина прочесть и понять полустертый текст или догадаться о перебоях в моторе по едва изменившемуся его шуму? Да никогда в жизни! Человек

изобретает способы переработки информации, не предусмотренные никакими инструкциями. Выбавывая в себе тонкое чувство времени, он регулирует продолжительность своих реакций с точностью до сотых долей секунды. К сигналам, которые поступают к нему, он относится избирательно, осмысленно: на редкие, но важные сигналы реагирует много быстрее и точнее, нежели на частые, но менее значимые. Многие секреты человеческой надежности кроются в мобилизации всех этих способностей и достоинств.

Отбор и тренировка, обучение и опыт пускают их в ход, доводят до совершенства, но этого все-таки оказывается недостаточно. Резервы человеческой надежности не безграничны: человек не машина; его надо поставить в такие условия, при которых его работоспособность оставалась бы высокой в продолжение всего времени, отведенного ему на решение задачи.

Операторам создают особые условия для работы. У одних укороченный рабочий день. Другие перед выходом на дежурство проводят сутки в профилактории, в полном покое и под наблюдением врачей. Третьим устраивают сеансы электросна — до работы и после работы. Четвертые во время специальных перерывов занимаются снимающей напряженность аутогенной тренировкой. Каждого из них готов подменить товарищ, к каждому в случае необходимости спешит опытный руководитель. Но все это не застраховывает оператора от преждевременного утомления и от ошибок. Он может разволноваться накануне, провести беспокойную ночь, и вот он уже засыпает под гудение двигателей, под стук колес, даже в разноголосице радарной. У него могут быть душевные неурядицы, внезапное физическое недомогание — внимание его рассеивается, и он совершает непоправимую ошибку. И вся беда в том, что опера-



тор часто и не подозревает о снижении своей работоспособности. Он обнаруживает это слишком поздно, когда одна оплошность уже накладывается на другую. Он думает, что он в блестящей форме, а через секунду он уже не в силах разомкнуть век; он заверяет вас, что чувствует себя великолепно, он и впрямь энергичен и деловит, но опытный глаз заметит в этой деловитости излишнюю суетливость, а опытное ухо уловит в бодрых интонациях излишнее возбуждение. Еще минута, и с ним может произойти нервный срыв.

**Биотоки мозга?** Что же, если оператор не может сам беспристрастно судить о своем состоянии, пусть об этом судят приборы! Он и не думает клевать носом, а на его электроэнцефалограмме уже преобладает альфа-ритм — вестник даже еще не дремоты, а пока только эмоциональной расслабленности. Он начинает чересчур волноваться, и по ЭЭГ бегут «волны напряженности» (тета-ритм с частотой 4—6 Гц), а приборы, регистрирующие кожно-гальванические реакции, отмечают признаки эмоциональной бури. Все эти данные поступают в ЭВМ, которая сравнивает их с хранящимся у нее в памяти эталоном нормального состояния человека и, если отклонения от эталона увеличиваются, сигнализирует главному диспетчеру: такого-то оператора

надо срочно подменить. Машина может сообщить о своих наблюдениях и самому оператору — будь начеку, твоя надежность под угрозой.

Идея такого контроля казалась заманчивой, но попытки реализовать ее принесли разочарование. Не так-то просто оказалось выделить из общего потока биотоков мозга именно те, которые несли нужную информацию. Трудно было защититься от помех, создаваемых электроаппаратурой, которой оснащено рабочее место оператора. Наконец, электроды и провода отвлекали операторов, нарушали психологический комфорт.

**Репортаж под куполом парашюта.** Оператор не должен замечать контроля — вот в чем суть! Как этого добиться? Сотрудники Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии АН СССР, размышляя на эту тему, поставили вопрос так: надо сначала решить, какую реакцию контролировать. Может быть, векодвигательную?

Контролировать можно эмоции. Эмоциями сопровождается всякая деятельность, а деятельность оператора пропитана ими насквозь. По отклонению от оптимального уровня эмоционального состояния, присущего в норме любому виду работы, можно безошибочно судить и о признаках надвигающейся сонливости, и о признаках перевозбуждения, в равной степени свидетельствующих о том, что человек вот-вот начнет ошибаться.

Но как судить о самих эмоциях? Регистрация кожно-гальванической реакции не годится: те же датчики, тот же контакт... Нет, контакт не нужен — об эмоциональном состоянии можно судить по речи. Речь в сто раз информативнее биотоков, и в передаче всех оттенков душевного состояния с ней не сравнится ничто. Это подтвердилось в опытах, которые советские психологи проводили с парашютистами и космонавтами. Парашютистов во время прыж-

ков просили рассказывать о том, что с ними происходит. Неопытные парашютисты волновались, состояние их было близко к стрессовому, их репортажи были отрывисты и не очень содержательны. Зато профессионалы развертывали перед экспериментаторами целые драматические картины, изобиловавшие массой подробностей. Еще больше сведений о речи как об индикаторе психического состояния человека дал анализ записей переговоров с космонавтами, больше хотя бы потому, что переговоры эти не имели нарочитого характера, а составляли естественную часть их работы.

По всем этим записям психологи научились распознавать и стрессовое перевозбуждение, и утомление: как то, так и другое отражается на смысловой и на фонетической структуре речи. В первом случае речь становится торопливой и сбивчивой: человек либо отвечает на вопрос слишком быстро, либо, наоборот, слишком медленно, в ответах появляется множество оговорок, повторов, незавершенных фраз, слов-паразитов, вроде «так сказать», «это»; повышается тональность речи, меняется тембр голоса, голос иногда дрожит. Во втором — речь замедляется, становится монотонной, изобилует паузами, конструкция фраз упрощается, их части не всегда согласуются между собой.

Итак, речь — превосходный индикатор. Операторы постоянно переговариваются и со своими руководителями, и друг с другом. Подключаем анализатор речи к обычным каналам радиосвязи, и проблема ненавязчивого контроля за эмоциональным состоянием оператора решена! Прекрасно, но как научить машину всему тому, в чем разобрались психологи! Возможно ли это?

Такую задачу поставили перед собой сотрудники Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии АН СССР.



На тренажере, где проходят подготовку будущие пилоты, проигрывались десятки критических ситуаций.

Пилот сидел в кабине, глядел на приборы и на экран, где перед ним то убегала вниз, то вырастала взлетная полоса, и отрабатывал взлет и посадку. Как полагается, у него то отказывал двигатель при взлете, то что-то путалось в показаниях приборов. Все это было поводом для переговоров по радио с руководителями полетов, а фоном для этих переговоров служили эмоции, возникавшие непроизвольно, все эмоции, какие только существуют, — от страха до ликования, от растерянности до решимости. Экспериментаторы анализировали записи этих переговоров, сопоставляя зафиксированные эмоции с физическими характеристиками основного тона речи. По изменениям этих параметров в зависимости от эмоционального состояния машине и предстояло это состояние определять.

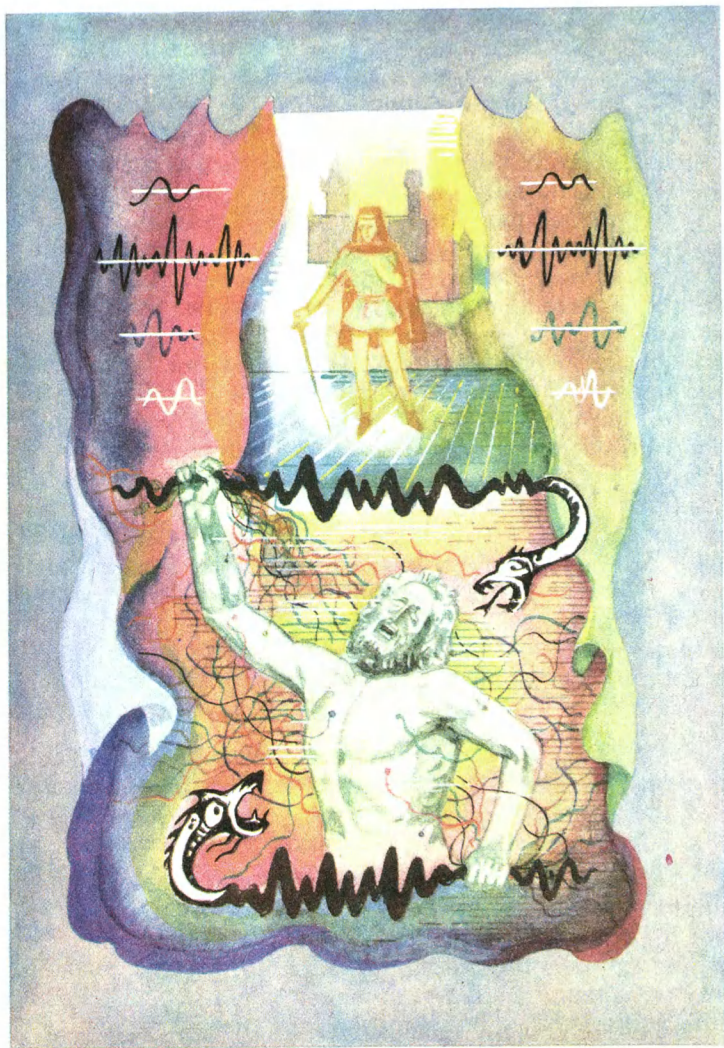
Ученые слушали и записывали пилотов, авиадиспетчеров и машинистов метрополитена. Затем они решили проверить свои результаты, создав актерскую модель эмоциональных состояний. Были написаны соответствующие сценарии, и актеры московских театров разыгрывали по этим сценариям сложные

этюды — варианты критических ситуаций, в которые попадают операторы.

Конечно, актер есть актер, как бы он ни вживался в образ, он прежде всего играет, но исследователи искали и находили тех, кто мог переживать ситуацию по-настоящему. Это было видно по их электрокардиограммам: предварительно была найдена взаимосвязь между уровнем эмоций, частотой пульса и конфигурацией зубцов кардиограмм. Наконец, речевая модель всех эмоциональных состояний была отработана, физические характеристики речи проанализированы и на основе этого анализа построен алгоритм — последовательность логических операций, следуя которой машине предстояло определять, какое эмоциональное состояние кроется за речевыми сигналами.

Операторы переговариваются на фоне помех, иногда очень сильных. Система контроля будет воспринимать и гул моторов, и треск разрядов. Но, по замыслу ее создателей, ей это не мешает, ибо ей не нужно разбирать все, что говорится. Ее не интересует содержание сказанного — она анализирует только звуки, и притом только гласные. А гласные лучше всего выделяются на фоне шума. Несколько гласных, и она уже представляет себе, отклонился ли от нормы уровень эмоций, устал или не устал человек, близок он к стрессу или невозмутим.

**Настоящее понимание.** Способ оказался эффективным: в опытах ЭВМ угадывала эмоциональное состояние человека в 98 случаях из 100. Первый образец системы речевого контроля делался по заказу Аэрофлота, в его создании участвовали специалисты по радиотехнике, электронике и акустике. Скоро такая система будет установлена в одном из крупнейших аэропортов и станет подстраховывать авиадиспетчеров. Потом ее предполагается испытать в

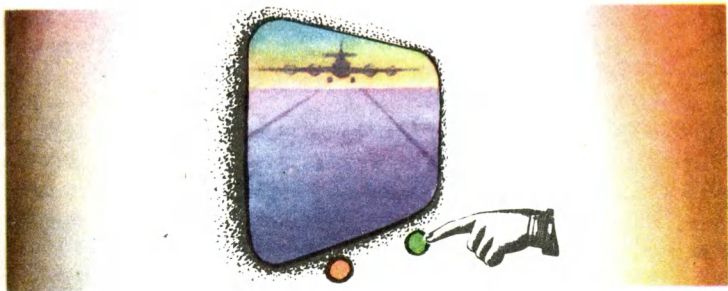


Московском метро: у машинистов метрополитена работа тоже не из легких. А там, если способ окажется универсальным, он может пригодиться и для любых операторских постов.

Подойдет он, возможно, и для диалогов «оператор — робот». Сегодня роботы понимают человеческую речь, но пока еще плохо. Машина не понимает интонаций, не разбирается в индивидуальной манере говорящего, а значит, и не чувствует отношения человека к тому, что он говорит. Может ли она при таких ограничениях быть настоящим советчиком, может ли состояться с ней диалог на равных? Весьма возможно, что результаты исследований, о которых мы рассказали и которые как раз направлены на то, чтобы научить машину разбираться в интонациях, пригодятся тем, кто работает над проблемой искусственного интеллекта. Умение распознавать интонации расширит возможности машин и вместе с тем освободит человека от той скованности, на которую они его пока вынуждают. Диалог между человеком и машиной станет богаче, непосредственнее и продуктивнее. Может быть, человеческая речь и впрямь станет основным способом управления роботами, и люди избавятся от неисчислимых издержек, связанных с программированием в том виде, в каком оно существует сегодня.

## Магическая семерка

**Информационная модель.** Мы научились отбирать операторов, научились тренировать и обучать их, создали им благоприятный режим работы, оборудовали их рабочие места по всем правилам гигиены труда, физиологии, технической эстетики и дизайна. Мы даже можем контролировать состояние операторов и знать, что происходит с ними, лучше и прежде



их самих. Но все это еще полдела, даже четверть дела. Мы видим, что оператор на грани утомления и вот-вот начнет ошибаться. Нельзя ли все-таки сделать так, чтобы он не утомлялся совсем и совсем не ошибался?

Еще в начале 60-х гг. ленинградские психологи исследовали у авиадиспетчеров точность реакций так называемого сложного выбора. При темпе 75 сигналов в минуту ошибочным оказалось 25% реакций, при 95 сигналах количество ошибок удвоилось, а при 120 возросло до 87%. Означало ли все это, что число сигналов следовало бы свести к минимуму? Ничего подобного! При слишком низком темпе ошибки появляются вновь. Не к минимуму, а к оптимуму, т. е. к наиболее благоприятному для данных условий режиму, надо свести темп. Человеку нужен оптимум — оптимум во всем, а в информационном взаимодействии с машиной прежде всего. До сих пор мы с вами в основном говорили, как лучше приспособить человека к машине, но ведь и машину следует приспособить к человеку. И это гораздо важнее, раз профессия оператора становится массовой, основной.

Принято думать, что если человек в процессе работы делает много ошибок, значит, он либо плохо знает свое дело, либо относится к нему спустя рукава,

либо, наконец, не способен к нему, не создан для него. Все это бывает, конечно, но, если информация о положении дел будет поступать к человеку в неудобной для восприятия и осмысливания форме, никакие способности, никакая квалификация и добросовестность не застрахуют его от ошибок. К оператору же это относится в первую очередь. Ведь человек, работающий в автоматизированной системе, далеко не всегда может непосредственно наблюдать то, чем он управляет. Между ним и объектом управления вклинивается множество автоматических устройств, и воспринимает он не сам объект, а показания приборов — информационную модель того, что происходит с объектом. И если эта модель будет сконструирована неудачно, если расшифровывать поступающие сигналы и переводить их на язык привычных образов и представлений человеку будет трудно, если «речь» приборов будет слишком стремительна или невнятна, тогда «синхронный» перевод может сбиться на «фрагментарный», и «переводчик» начнет ошибаться непременно.

Инженеры делают все, чтобы в информационной модели необходимые сведения об объекте отражались как можно полнее. Но как эти сведения будут восприняты, они не могут учесть, не зная всех тонкостей и всей динамики психических процессов и состояний. Можно ли наладить полноценное взаимодействие между человеком и автоматикой без изучения всех закономерностей восприятия, памяти, речи, мышления? Нет, конечно! Да еще в наши дни, когда в контур управления повсеместно включается ЭВМ. Без этого же изучения и без учета всех особенностей психики человека в систему управления будет с самого начала заложена возможность человеческих ошибок.

Первые шаги инженерной психологии были связаны с изучением восприятия, кратковременной па-

мяти и с определением пропускной способности оператора — скорости, с которой он способен переработать известное количество информации в единицу времени.

Для определения пропускной способности было предложено немало остроумных методов. Но результаты опытов отличались поразительным разнообразием: от 1 до 16 бит (единиц информации) в секунду. Причина разнообразия, как выяснилось, была в разнице оперативных задач. Почему, например, пропускная способность авиадиспетчера не превышает 1 бита? Потому, что он вынужден откликаться на каждый сигнал десятком действий, а для них требуется много больше времени, чем, скажем, для простого опознания сигнала. У каждого вида деятельности оказалась своя пропускная способность, на которую прежде всего влияет характер задачи. Но если бы только это! В первых же опытах психологи столкнулись с одной очень важной и интересной величиной, которой суждено было сыграть заметную роль в поисках оптимального количества передаваемой оператору информации.

Но сначала — одно небольшое отступление.

**Происшествие в Геттингене.** В конце 20-х гг. в германском городе Геттингене собрался международный конгресс психологов. И ничем бы этот конгресс не отличался от всех прочих, если бы не одно маленькое происшествие. Представьте себе старинную университетскую аудиторию со сходящимися к кафедре полукружиями амфитеатра. Очередной докладчик рассказывает о своих экспериментах. Внезапно в коридоре раздается шум, топот, дверь распаивается, в аудиторию влетает человек в одежде клоуна, за ним — негр с пистолетом. Негр гонится за клоуном, тот мчится по аудитории, негр настигает его, короткая борьба, выстрел, клоун вырывается и устрем-

ляется к двери, негр — за ним, затихающий топот в коридоре, тишина.

Остолбеневшие делегаты приходят в себя и с недоумением озираются вокруг, как бы спрашивая друг друга, не сон ли это был.

Молчание прерывает председатель.

— Господа! — говорит он. — Прошу прощения за маленький спектакль. Вместе с моими коллегами, исследующими память, и при любезном содействии университетской администрации мы решили сделать испытуемыми вас. Клоун и негр — всего-навсего здешние студенты. Я прошу вас взять бумагу и описать все, что вы только что увидели. Как вы изволили заметить, условия эксперимента были самые благоприятные. Сценка длилась двадцать секунд — достаточно, чтобы заметить все, и не слишком долго, чтобы что-нибудь позабыть. Схватка происходила в центре зала — все было видно. Ситуация более чем эффектная: клоун, негр, погоня... Испытуемые, т. е. вы, искушены в наблюдениях и в отчетах. Когда отчеты будут готовы, мы сверим их с действительностью: спектакль был тщательно отрепетирован и даже снят на пленку. За дело, господа!

Перья закрипели. Через час на стол председателя легло сорок отчетов о происшествии. Для их анализа общим голосованием была избрана беспристрастная комиссия, которой поручили доложить о результатах необычного эксперимента.

На другой день делегаты испытали еще большее потрясение. Из 40 описаний только одно содержало менее 20% ошибок, в 14 доля ошибок колебалась между 20 и 40%, в 12 — между 40 и 50%, а в 13 описаниях ошибок было более 50%. В 10 описаниях 10% деталей было сплошным вымыслом: кому-то показалось, что негр стрелял дважды, кому-то — что клоун истекал кровью, а кому-то даже, что клоун преследовал негра.

Этот маленький инцидент показывает нам, как ненадежна человеческая память и какую шутку она может сыграть с формирующимся образом события. Об этом, кстати, во все века знали служители правосудия: поговорка «лжет, как очевидец» придумана ими не даром. Но отчего это происходит? Делегаты геттингенского конгресса сделали столько ошибок по нескольким причинам.

Во-первых, наблюдая ошеломляющую сцену, они не имели намерения ее запомнить, а следовательно, не сосредоточивали свое внимание на деталях.

Во-вторых, припоминая ее потом, они невольно извлекали из памяти привычные представления об этих деталях: сравнивали, сами того не сознавая, увиденное с уже известным, с хранящимися в памяти эталонами, выработанными предшествующим опытом. Кто за кем гнался, кто в кого стрелял? Погодите, дайте подумать. Ага, первым вбежал клоун. Как он был одет? Ну как... Обыкновенно. На голове колпак... Не было колпака? Как не было? Да я видел его собственными глазами...

Память подсовывает нам знакомый с детства облик клоуна со всеми его клоунскими атрибутами — со сваливающимися штанами, с набеленным лицом, с колпаком. Мы дорисовываем и домысливаем образ, не подозревая об этом. Такая смесь нового со старым, поглощение непривычного привычным присутствует во всех процессах запоминания и воспроизведения. Это помогает новому закрепиться в памяти, обрасти ассоциативными связями. Если новизна абсолютная, если сравнивать не с чем, тогда это новое человек может и не запомнить почти совсем. Будь вместо клоуна какое-нибудь фантастическое существо, ошибок и разночтений было бы еще больше.

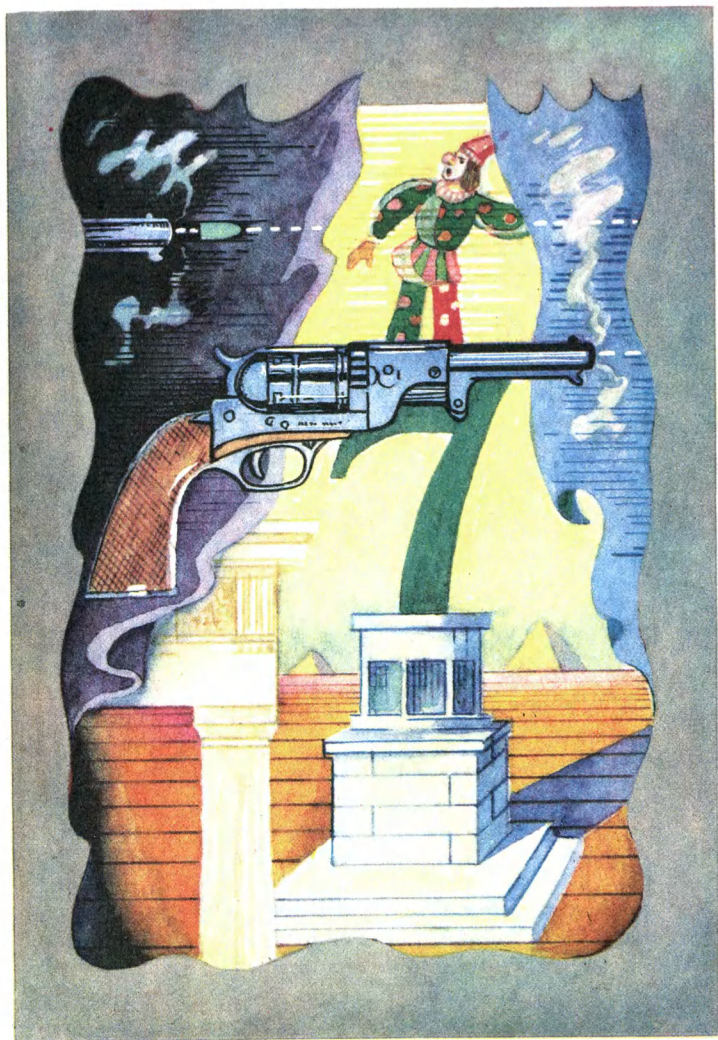
И в-третьих, наша кратковременная память ограничена в объеме. Геттингенские испытуемые не сумели воспроизвести сценку без ошибок еще и пото-

му, что их «пропускная способность» была ограничена объемом этой памяти.

**«Кошелек» Дж. Миллера.** «Повсюду меня преследует один знак... — писал американский психолог Дж. Миллер. — Это число буквально следует за мной по пятам, я непрерывно сталкиваюсь с ним в своих делах, оно встает передо мной со страниц самых распространенных наших журналов. Оно принимает множество обликов, иногда оно немного больше, иногда меньше, но оно никогда не меняется настолько, чтобы его нельзя было узнать». Этими словами Миллер начал свою известную статью «Магическое число семь плюс или минус два».

Ограниченность объема кратковременной памяти была известна психологам давно, еще с прошлого века, но из этого никаких особых практических выводов не делали. Миллеру же надо было измерить пропускную способность оператора. И вот он обнаружил, что человек способен с одного раза удержать в памяти в среднем девять двоичных чисел ( $7+2$ ), восемь десятичных чисел ( $7+1$ ), семь букв алфавита и пять односложных слов ( $7-2$ ). Все вертелось вокруг семерки. Но при этом каждая группа обладала неодинаковой информативной ценностью: семь букв несли в три с лишним раза больше информации, чем восемь десятичных чисел, а пять слов — в шесть раз больше. Из этого Миллер заключил, что объем кратковременной памяти ограничен не количеством самой информации, а количеством ее «кусков». В «кошельке» этой памяти, говорил он, помещается всего семь монет. Доллары это или центы, ей безразлично. Она интересуется не смыслом информации, а ее чисто внешними характеристиками — цветом, формой, объемом. Смыслом интересуется долговременная память. Она определяет и оценивает содержание «кошелька».

Миллер наткнулся на семерку в опытах со зри-



тельным восприятием. А вскоре семерка всплыла при исследованиях восприятия слухового. Ленинградский психолог И. М. Луцких занималась восприятием речи на фоне помех (объектом исследования были авиадиспетчеры). Оказалось, что разборчивость речи можно улучшить раза в три, если с помощью особого фильтра срезать так называемые пики частотных амплитуд, т. е. сделать голоса, которые воспринимает оператор, похожими на голос Булатова. Неестественно, зато отчетливо! Найден был и оптимальный темп речевых сообщений — 120 слов в минуту. А какие слова лучше всего опознаются на фоне помех — двусложные или трехсложные? Начинающиеся с гласного звука или с согласного? С ударением на первом слоге или на последнем? Как влияет на восприятие длина и глубина фразы? По правилам структурной лингвистики длина определялась количеством слов, а глубина соотношением ветвей: структура фразы изображалась в виде дерева. Вот тут-то и появилась семерка. Ветвь фразы соответствовала «куску» информации; если «кусков» было больше семи, диспетчеру трудно было схватить всю фразу целиком или восстановить ее ветви, разрушенные помехами.

Число семь следует по пятам не за одними психологами. Семерками полны наши пословицы и поговорки. «Семь раз отмерь, один отрежь», — говорим мы. «Семь бед — один ответ», «Семеро одного не ждут», «Семь пятниц на неделе», «Служил семь лет, выслужил семь реп, да и тех нет», «Семи пядей во лбу», «Седьмая вода на киселе» и т. д.

О семи днях творения рассказывают нам библейские мифы и о семи тучных и семи тощих коровах, которых увидел во сне египетский фараон. Семь мудрецов было у древних греков и семь чудес света знал эллинский мир. Если одно из чудес разрушалось — падал Колосс Родосский или сгорала библио-

тека в Александрии, — его тотчас заменяли другим. Семь богов и богинь распоряжались судьбами шумеров; каждый ороческий охотник знал, что основателей его рода было семеро. Семерку почитали все племена, и чем дальше в глубь веков, тем больше мы встречаем семерок, ими полны узоры на изделиях наших предков и рисунки в пещерах эпохи каменного века.

Психологи и историки культуры думают, что в процессе эволюции наряду со многими психофизиологическими константами, вроде скорости распространения нервного импульса, у человека выработалась и такая постоянная величина, как объем кратковременной памяти. Тысячелетие за тысячелетием эта константа оказывала свое влияние на выработку житейского уклада, культурных традиций, эстетических воззрений. Человеку было удобнее всего думать об однородных вещах, если число их не превышало семи.

**Колыбель мысли.** Правда, в течение непродолжительного времени наша зрительная система способна удерживать гораздо больше «кусков» информации, чем вмещает миллеровский «кошелек». Эксперименты, в которых с помощью особой аппаратуры регистрировались движения глаз, показали, что в течение миллионных долей секунды сетчатка хранит всю предъявленную ей информацию, сколько бы ее ни было. Затем информация переходит в центр зрительной системы. Там, в «блоке» так называемой иконической памяти (т. е. «картинной»: в переводе с греческого «икона» — это образ, подобие, картина), след хранится уже тысячную долю секунды. А дальше начинается настоящее восприятие: любой сигнал, будь это цифра, буква или геометрическая фигура, выделяется из фона, в сознании вырисовывается его контур, содержащий основные его инфор-

мативные признаки. Сигнал сравнивается с эталонами, получает оценку, теряет второстепенные детали, осмысливается и приобретает форму, пригодную для использования в ответных реакциях или для хранения в памяти. Непосредственное зрительное впечатление, в первый миг — чисто физическое, приобретает смысл.

В одном из экспериментов группе испытуемых, в которую вошли опытные операторы, владеющие разными системами счисления и навыками перекодирования, показывали по 18 двоичных цифр, причем время показа было так мало, что заучить информацию, или, как говорят психологи, обработать ее в слуховой памяти, было абсолютно невозможно. И тем не менее операторы очень хорошо воспроизводили ее. Они успевали автоматически переводить цифры из одной системы счисления в другую и тем самым создавать из них компактные и удобные для запоминания группы.

Это означало, что восприятие, сливающееся в процессе своей работы с кратковременной памятью, способно оценивать ситуацию сразу, без последовательного расчленения ее на элементы. Вот почему, когда квалифицированному шахматисту предъявляют на миг сложную позицию и просят потом ее воспроизвести, он не может вспомнить расположения фигур, но зато безошибочно указывает на соотношение сил, на смысл того, что он увидел. Такая молниеносная и целостная оценка свойственна интуиции.

Восприятие — колыбель мысли, ее питательная среда. Если бы восприятие было всего лишь пассивным приемом информации, мозг не раздражался бы от перерывов в его работе, а с удовольствием отдыхал бы от внешних впечатлений. Но недаром так болезненно сказывается на психике долгое сенсорное голодание, которому на заре космической медицины подвергали в сурдокамерах добровольцев-

испытываемых. Человеку не оставляли ничего, кроме рассеянного света и монотонного жужжания механизмов. Вся его психика приходила в упадок. Человек пытался восполнить отсутствие внешних образов воображаемыми, а те порой начинали вести самостоятельную жизнь и превращались в галлюцинации. Нет, без притока внешних впечатлений и без реакций на них мозг нормально работать не может — уму нужна пища, восприятию — работа.

## Алхимия перекодирования

**Четыре этапа.** «А как же с магической семеркой? — спросят нас. — Выходит, для опытного оператора нет ограничений. Воспроизвести 18 двоичных цифр — шутка ли сказать!»

Конечно, не шутка. Но ведь опытным операторам удавалось не механически запоминать эти цифры — сначала они перекодировали их. В этом весь секрет. В сущности, они поступали так же, как и знаменитые счетчики-мнемонисты, поражавшие публику своей сверхпамятью.

В пределах семерки ансамбль оперативных единиц меняет свои очертания, стараясь поспеть за переменами в реальной обстановке и непрерывно моделируя ее. Часть этих страниц, складывающихся как из чувственных образов, так и из представлений, распадается, едва только прекращается действие, а часть попадает в долговременную память. Эти обреченные на забвение единицы подобны промежуточным результатам, которые получаются в процессе решения математической задачи. В памяти остаются не числа, которыми мы оперировали, а способ, которым мы воспользовались.

В свое время для простоты анализа психологи поделили переработку информации на четыре эта-

па. Первый — подготовительный: оператор обнаруживает сигналы, расшифровывает их, и у него создается предварительное представление об объектах.

На втором этапе оператор оценивает информацию, выделяет из нее самое важное, устанавливает очередность управления объектами. На третьем принимается решение о действиях и на четвертом решение превращается в действие — в управляющие сигналы.

Первые два этапа названы были информационным поиском, а последние — обслуживанием (имелось в виду обслуживание объектов управления). Конечно, в реальной деятельности все этапы сплетены друг с другом так же, как, скажем, кратковременная память сплетена с восприятием или восприятие с мышлением. Но схема помогла психологам разглядеть, чем один тип деятельности отличается от другого. При одном, например, преобладает обнаружение сигналов на фоне шума: оператор в основном ведет наблюдение за объектами. В другом случае вся деятельность складывается как бы из одних действий и ни оценка, ни принятие решений не составляют особого труда. Типичный пример — уже известное нам «слежение с преследованием».

Ту деятельность, где оператор переходит от восприятия сразу к действию, называли информационным поиском с немедленным обслуживанием, а ту, где оператору приходится воспринимать много информации и обслуживание начинается с запаздыванием, — поиском с отсроченным обслуживанием. Все это не так уж сложно. Понятна и цель, которую ставят перед собой психологи: хорошей организацией подачи информации уменьшить время поиска и сделать так, чтобы отсроченное обслуживание скорее превращалось в немедленное.



**Оперативная память.** При отсроченном обслуживании особенно велика нагрузка на кратковременную память. Впрочем, ее лучше назвать оперативной памятью, ведь в ней новая информация тесно взаимодействует со старой: поступающие сигналы — с эталонами, с кодами, со сложившимися уже представлениями об объектах управления и способах действий. Пока оператор не сообщит, как выйти из положения, оперативная его память должна справляться с помехами, сохраняя все что нужно перед его мысленным взором. Иногда ей даже приходится как бы раздваиваться — удерживать и новые данные, и последовательность действий.

Если оператору удалось быстро перейти от отсроченного обслуживания к немедленному, значит, оперативные единицы его памяти стали весомее. Значит, он научился мгновенно выделять из сигналов заключенное в них содержание, заменять одни полезные признаки другими, переходить от градаций яркости какой-нибудь фигуры к ее контуру, от контура — к форме, от формы — к целой группе сигналов. Облегчить этот переход и было одной из первых задач инженерной психологии.

А магическая семерка остается, но при оптимальной подаче информации, при разумном ее кодиро-

вании, при учете всех тех обстоятельств, от которых зависит пропускная способность оператора. Человек работает спокойно — расшифровывает и осмысливает сигналы, принимает решения и управляет объектами без перенапряжения.

О восприятии, о взаимоотношениях между различными видами памяти, о том, как рождается и развивается мысль, — обо всем этом можно рассказывать долго. И мы еще вернемся к этой теме, когда речь у нас пойдет об оперативном мышлении. А пока задумайтесь хотя бы над тем, что происходит в вашем мозгу, когда вы читаете эти строки. Долговременная память помогает кратковременной, а с нею и восприятию удерживать перед вами смысл прочитанного и сопоставлять новые сведения с известными. Руководимая вашими интересами, она и отбирает себе то, что вы воспринимаете, и располагает выделенное перед вашим мысленным взором... Все сливается в едином психическом акте — и разновидности памяти, и восприятие, и мышление, и ваши навыки, и ваши вкусы, пристрастия и «установки» — весь комплекс черт вашей личности.

**Черным по белому? Нет, белым по черному.** Исследованиям восприятия, памяти и других психических процессов сопутствовала выработка практических рекомендаций. Положение дел в системах «человек — машина» надо было исправлять безотлагательно: операторы задыхались от обилия информационных сигналов.

Вот приборная панель в кабине самолета: ни логики, ни здравого смысла. Приборы наклеены где придется и как придется — «в порядке поступления». Вот они молчат, и все их стрелки замерли на «норме». Но у одного прибора «норма» соответствует «9 часам», у другого — «12 часам», у

третьего — «6 часам». Летчики не могли сказать, что лучше: они не видели себя со стороны. Со стороны же было видно, что, как только стрелки приходили в движение, глаза летчика начинали метаться, каждый раз танцуя от новой «нормы». Психологи усадили летчиков перед панелью с 32 приборами, у которых была только одна «норма» — «9 часов». Летчики стали обнаруживать отклонение стрелки втрое быстрее и ошибались в шесть раз реже.

До мельчайших подробностей изучили психологи стрелочные индикаторы — некогда самые распространенные и самые коварные. Эксперименты показали, что на скорость и точность восприятия сигнала влияет всё — и расстояние между делениями шкалы, и отношение длины стрелки к ее ширине, и цвет фона, и расстояние глаза от шкалы. На одном расстоянии оператор скорее различит черную цифру на белом фоне, на другом — белую на черном (вот почему в устах психологов выражение «черным по белому» звучит не так уже категорично). Влияет на восприятие и шрифт. Операторы путали тройку с девяткой, пятерку — с шестеркой, и психологам пришлось разработать особые шрифты, иногда странные на вид, но зато недвусмысленные.

У одного прибора движется стрелка, а шкала неподвижна, у другого — неподвижна стрелка, а движется шкала. Что лучше? Все зависит от задачи, и конструкторы информационных моделей получают от психологов список предпочтительных задач для движущейся шкалы и список для неподвижной. Существуют шкалы вертикальные, как у градусника, горизонтальные, как у линейки, круглые, полукруглые и типа «открытое окно». С последними, как выяснилось, оператор ошибается в 16 раз реже, чем с вертикальными. Градусники и линей-

ки получают отставку, а «открытые окна» — максимальное распространение.

Наконец, индикаторы приведены в порядок. Но чтобы разумно расположить их на панели, надо как следует изучить поле зрения. Опыты показывают, какой угол обзора хорош для зеленого цвета, какой для красного, что можно увидеть на границе поля, а чего нельзя. Кажется, чем важнее сигнал, тем ближе он должен быть к центру поля. Когда как. Краешком глаза мы очень хорошо замечаем движение и мелькание. Психологи предложили конструкторам воспользоваться этим для сигнализации о крене самолета во время посадки. По обе стороны от приборов были помещены цилиндры с черно-белыми полосами. Самолет кренился вправо — вращался правый цилиндр, кренился влево — левый. Скорость вращения была пропорциональна величине крена. Не отрывая взгляда от основных приборов, пилот замечал мелькание сбоку, оценивал величину крена и выправлял машину.

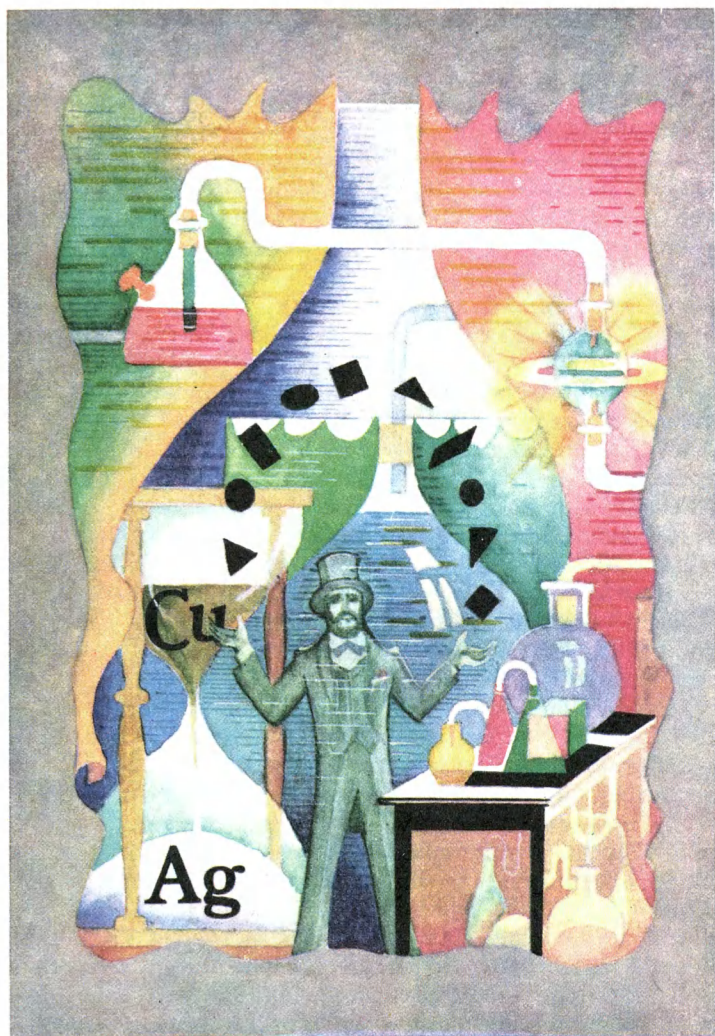
Надо подумать и о том, какую роль каждый прибор играет в управлении — к какому оператор обращается чаще, а к какому реже, какие сигналы требуют немедленного ответа, а какие нет. Для конструкторов формулируется правило: группировать приборы на панели сообразно с логикой действия оператора.

**Как изобразить грузовик?** Пилот управляет одним объектом. А если объектов много и все они движутся? Представьте себе, что вы сидите за пультом управления большой стройкой. Там, в котловане, урчат бульдозеры, экскаваторы, самосвалы. В окно всю стройку вам не видно. Не видно ее и на телеэкранах: котлован велик, да и погода капризничает. Удобнее всего управлять техникой по радио, как управляет самолетами авиадиспетчер, наблю-

дающий за светящимися эхо-сигналами на экране. Но как узнать, какое пятнышко означает самосвал, а какое бульдозер?

Лучше всего превращать эхо-сигналы в геометрические символы и поручить такое промежуточное декодирование ЭВМ. Но какие символы лучше? Как изобразить грузовик? Может быть, просто, без символики, — грузовиком? Но его легко спутать с колесным трактором... Пожалуй, лучше отдать предпочтение условным фигурам, но прежде надо выяснить, какие фигуры человек опознает быстрее, а какие медленнее. Квадрат и треугольник занимают в экспериментах первое место, круг и овал — последнее. Но условность — помощник не всегда надежный: круг так же легко принять за овал, как и самосвал — за колесный трактор. Знак должен точно ассоциироваться с образом объекта. Экскаватор, например, можно изобразить квадратом с выходящей из него под углом стрелкой, а гусеничный трактор — горизонтальным эллипсом.

Каждая деталь фигуры несет информацию: контур, выступы, буквы и цифры внутри фигуры. Буквы и цифры вводить приходится — объектов много, они разнообразны. Плох, так как бессодержателен, слишком простой знак, но плох и слишком сложный. Однажды в знак, обозначающий вертолет, добавили букву «В» — сразу увеличилось количество ошибок при опознании. Оптимум, оптимум... Но вот символы, наконец, выбраны, однако эксперименты еще продолжаются. Надо еще найти соотношение между размером контура и количеством деталей, выбрать уровень яркости экрана, его размеры... В каждой из этих частностей есть свой оптимум, и его надо отыскать. Только после этого можно передать свои соображения конструкторам. А вот, например, еще одна задача: чем определяется время поиска сигнала?



Объемом информации? Нет, оказывается, числом «шагов» — фиксаций глаза. А от чего зависит маршрут «шагов»? От характера объекта. А характер объекта? От яркости индикаторов, их величины, их плотности, т. е. от того, насколько густо расположены они в зрительном поле. На экране появляется группа светящихся цифр. Психолог просит испытуемого найти число, которое делится на 8. Через секунду испытуемый говорит: «Тридцать два». Киноаппарат заснял на пленку все движения глаз. Экспериментаторы узнали, как влияет на маршрут «шагов» один из вариантов плотности. В следующем опыте они узнают, можно ли передавать разные сведения одними и теми же цифрами, но разной яркости. Потом выяснят, сократится ли время восприятия, если сигналы сложатся в какую-нибудь фигуру, а если да, то какая фигура лучше.

**Ориентированный сигнал.** Кроме зрительного восприятия есть еще и слуховое. А нельзя ли разгрузить зрительный анализатор и передать часть его функций слуховому? Способов обращения сразу к двум анализаторам придумано было немало. Оператор только по звуку отыскивал одну из 32 шкал с отклонившейся стрелкой. Если стрелка отклонялась на шкале, расположенной в правой половине поля зрения, сигнал звучал в правом наушнике, если в левой — в левом. Если шкала была вверху, звук был высокий, если внизу — низкий. Ориентированный звуковой сигнал втрое сокращал время поиска нужной шкалы и тем самым уменьшал общее время, которое требовалось оператору на переработку информации.

В ходе экспериментов выяснилось также, что отношения между физическими величинами, при помощи которых кодируется информация, и вызываемыми ими ощущениями весьма сложны. Опозна-

вая сигналы, человек пользуется так называемыми субъективными шкалами, в основе которых лежат не отдельные физические характеристики сигналов, а их комбинации. Из школьной физики известно, что ощущение высоты звука связано с его частотой, а ощущение громкости — с его интенсивностью. Эксперименты же показали, что у человека можно создать впечатление определенной громкости звука, комбинируя его частоту и интенсивность. Тон с интенсивностью в 120 дБ и частотой 10 Гц субъективно равен по громкости тону в 100 дБ и 1000 Гц. То же и с ощущением яркости. Если по техническим причинам необходимой яркости изображения добиться трудно, можно пойти в обход и решить задачу, варьируя контрастность или цвет.

Очень часто оператору приходится искать слабые сигналы на фоне «шума» — всякого рода помех. При этом он работает на пределе своих возможностей и нередко ошибается — часть сигналов обнаруживает, а часть пропускает. Иногда никакого сигнала не было, а ему кажется, что был. Казалось бы, чем меньше «шума» будет на экране, в который всматривается оператор, тем быстрее и точнее он опознает слабый сигнал. Не всегда! «Шум» может быть и полезен. Если увеличить число «шумовых» импульсов и добиться их равномерного распределения по экрану, слабый сигнал среди них обнаружится скорее. Секрет прост: весь «шум» становится фоном и субъективно отходит на второй план.

**Эффект непосредственного присутствия.** Задача у психологов одна — разгрузить человека от лишней информации и упростить декодирование, расшифровку сигналов. Нужно ли, чтобы оператор имел перед собой всю информацию об объекте управ-



ления? Зачем ему непрерывные подсчеты? Идея воплощается в так называемом «нуль-приборе», или командном приборе. Такой прибор показывает не абсолютную величину какого-нибудь параметра, не давление в атмосферах и не температуру в градусах, а отклонение параметра от нормы (от нуля). Взглянув на него, оператор видит, в каком направлении и насколько надо переместить рукоятку, чтобы система вернулась к норме. Лишняя информация отсекается, код становится проще, проще и декодирование — самая трудная операция, особенно для новичка.

Затем появляются интегральные индикаторы, на которых совмещается информация сразу о нескольких параметрах, скажем о высоте самолета и о скорости подъема или спуска. Такой индикатор может дать оператору сведения не только о состоянии объекта в данный момент, но и о том, что произойдет с объектом в ближайшие секунды. А такая информация для всякого управления — первейшее дело.

Еще эффективнее были бы контактные аналоги, создающие такой же эффект непосредственного присутствия, как и тренажеры. Представьте себе контактный аналог для управления подводной лодкой, заменяющий собой около десятка приборов. На эк-

ране в виде убегающей к горизонту дороги видно заданное направление движения лодки. Дорога разделена темными поперечными полосами, которые как бы набегают на рулевого. Изменение скорости рулевой оценивает по изменению темпа набегания полос. Он ощущает почти то же, что ощущал бы, если бы смотрел через стекло на гладь воды. Подобно шоферу автомобиля, он стремится удерживать лодку на полотне дороги, не утруждая себя расшифровкой сигналов. Информация почти не закодирована, восприятие предметно, всё как на ладони.

Работы по созданию такого контактного аналога и различных его вариантов ведутся много лет. Уж очень заманчива идея: лучшего прибора для тех, кто управляет движущимся объектом, не придумаешь. Продолжаются поиски и лучшего варианта объемного индикатора, дающего трехмерное изображение обстановки. Поиски эти начались еще в начале 60-х гг., и к сегодняшнему дню во многих странах создано немало вариантов объемных индикаторов, предназначенных главным образом для авиадиспетчеров. Но будет ли «выведен» такой индикатор из лаборатории в реальную обстановку, сказать трудно: и в техническом, и в психологическом отношении проблема очень сложная...

**Сатурн и шестеренка.** Оператор воспринял информацию, переработал ее и приступил к заключительному этапу — к исполнительным действиям. Он включает и выключает аппаратуру, вводит данные в ЭВМ. Его движения должны быть точны и безошибочны, их надо исследовать так же тщательно, как и восприятие сигналов.

Исследования рабочих движений, как мы уже говорили, ведутся в психологии труда еще с 20-х гг. Измерено всё — от максимального размаха рук до усилия, на которое способен безымянный палец.

Выяснилось, например, что точность движения в локтевом суставе при амплитуде движения в  $20^\circ$  вдвое меньше, чем при  $50^\circ$ . Значит, самые ответственные органы управления надо располагать так, чтобы им отвечала самая благоприятная амплитуда. Еще одно правило: реакция должна быть совмещена со стимулом. Что это значит? В ответ, например, на движение метки слева направо оператор должен передвигать рычаг тоже слева направо, а не наоборот. Инженеры, проектирующие органы управления, знают теперь, что движения рук по направлению к телу быстрее, чем от тела, что рука по горизонтали движется быстрее, чем по вертикали, что вращать рукоятку против часовой стрелки удобнее правой рукой, а по часовой — левой. Или что кисть по отношению к плечевому поясу имеет семь степеней свободы, а кончик пальца по отношению к грудной клетке — шестнадцать (как еще роботам далеко до человека!).

У большинства людей правая рука ведущая. Но это распространяется, оказывается, лишь на моторные функции. По чувствительности левая рука часто превосходит правую. Психологи убедились в этом, исследовав все движения, которыми человек с силой воздействует на объект или которыми он изучает его. Во всех этих движениях руки и пальцы участвуют неодинаково. Столь же основательно исследованы и классифицированы и органы управления. Одни предназначены для включения и выключения, другие, например клавиши, служат для повторяющихся движений, третьи — для настройки аппаратуры, четвертые помогают следить за изменяющимися объектами. Чем логичнее будут расположены все эти органы, тем быстрее и точнее будут действия оператора.

А чтобы он безошибочно опознал органы управления, придуманы оригинальные формы рукояток.

Испытание аппаратов  
сверхвысокого  
напряжения на  
электрическую



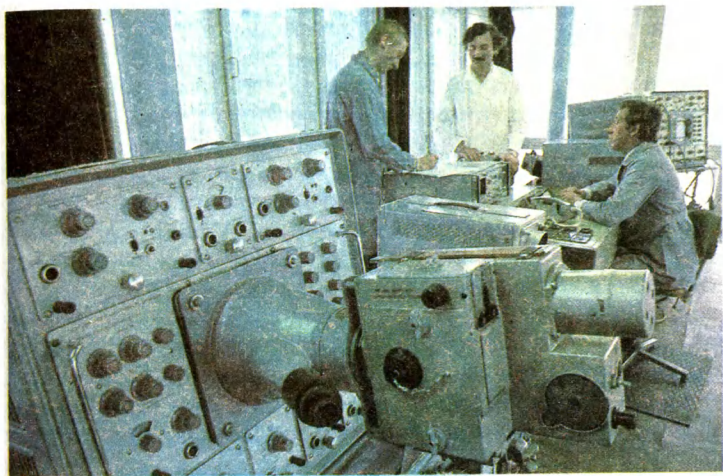
Одна похожа на шляпку гриба, другая — на молоточек, третья — на шестеренку, четвертая — на Сатурн с кольцом, пятая — на трезубец. Оператор пользуется ими не глядя: с такими рукоятками осязание его не обманет.

### Принцип активного оператора

**Два подхода к системе.** Кажется, все обстоит как нельзя лучше: информационные модели день ото дня становятся все удобнее и машина все больше и больше приспособливается к человеку. Да, это, конечно, так, но этого мало: оптимизация нередко затрагивает лишь поверхностную сторону операторской деятельности. Человека, его психофизи-

прочность и пульт  
управления стендом  
наружных  
высоковольтных  
испытаний.

Разработаны  
Ленинградским  
политехническим  
институтом им.  
М. И. Калинина.



ческие возможности, приспособливают к машине, машину, т. е. средства отображения информации и органы управления, приспособливают к человеку. Но только ли в этом должен заключаться смысл оптимального информационного взаимодействия между ними, не слишком ли узки рамки таких понятий, как «приспособливание» и тем более «обслуживание»? Кто тут кого должен обслуживать и в обслуживании ли дело?

Такого рода сомнения все чаще и чаще стали приходиться к инженерным психологам и побудили их пересмотреть методологические основы своей науки.

Как представляли себе и инженеры, и психологи общую схему системы «человек — машина» на первых порах? Существует объект управления, ска-

жем самолет, химический или энергетический агрегат, автоматическая линия — все равно. Все изменения в объекте улавливаются датчиками, сигналы от них преобразуются и передаются на приборы, за которыми наблюдает человек. Человек воспринимает показания приборов, расшифровывает их, принимает решение и выполняет соответствующее действие. Сигнал, возникающий в результате этой реакции, преобразуется и поступает к объекту. Состояние объекта изменяется, человек получает об этом информацию, и цикл повторяется.

Человек в этой схеме рассматривался как более или менее простое звено системы, и его поведение не выходило за рамки простой схемы «стимул — реакция». Главную задачу исследователи видели в том, чтобы вписать человека в контур системы управления. Исходя из этого, его даже сначала описывали то как «частотный фильтр», то как «линейный частотный усилитель» и стремились прежде всего определить его «входные» и «выходные» характеристики, отыскивая по преимуществу их абсолютные значения, не зависящие от конкретных условий деятельности.

В сущности, это был машиноцентрический подход к системе «человек — машина», подход «от машины к человеку», видящий в упрощении труда основной путь согласования техники с человеком. В своей методологической основе он напоминал те принципы, на которые в начале века ориентировалось конвейерное производство. Справедливости ради надо сказать, что в русле этого подхода было проведено очень много интересных и нужных исследований. Психологи изучили, как человек воспринимает показания всевозможных приборов, как он различает и опознает цифры, буквы, условные знаки, цветовые коды, звуковые сигналы, каков объем его оперативной памяти, какова ее связь с

восприятием, как следует строить операторские посты, располагать органы управления и т. д. Рекомендации, разработанные на основе машиноцентрического подхода, принесли неоценимую пользу конструкторам систем и операторам.

Однако с развитием инженерно-психологических исследований стала все больше обнаруживаться ограниченность машиноцентрического подхода, при котором на первом плане нередко оказывались деревья, а не лес — отдельные особенности восприятия или памяти, а не вся совокупность факторов, влияющих на управление реальными машинами. Что получалось в эксперименте, не всегда подтверждалось на практике, а что происходило на практике, не укладывалось в машиноцентрические схемы. Определяя, например, пропускную способность человека, его рассматривали как звено, выполняющее функцию канала связи. В каком-то смысле это было верно: человек действительно выполнял эту функцию. Но вел он себя не так, как полагалось бы вести каналу связи. На скорость, с которой он перерабатывал информацию, влиял не только способ ее кодирования, но и особенности задачи, уровень его работоспособности, навык, эмоциональное состояние — множество факторов, не внешних по отношению к его деятельности, а внутренне присущих ей. Выступая в роли звена системы, человек прежде всего оставался человеком, а коли так, то задачу исследования человека как оператора следовало заменить задачей исследования оператора как человека.

Все эти соображения должны были привести и привели к пересмотру схемы «человек — машина». В инженерной психологии стал формироваться новый, антропоцентрический подход к ее анализу, подход «от человека к машине» (в переводе с греческого «антропос» — человек). В рамках этого под-

хода, возобладавшего прежде всего в советской инженерной психологии, схема «человек — машина» выглядит уже иначе. Существует объект управления. Человек ставит перед собой задачу — перевести его из одного состояния в другое или, преодолевая внешние воздействия, удержать его в заданном состоянии. На основе имеющейся у человека информации, в том числе и профессионального опыта, у него формируется образ заданного состояния объекта. Воспринимая сигналы, поступающие от информационной модели, человек оценивает текущее состояние объекта, сличает его с образом-целью, анализирует возможные способы выполнения задачи, принимает решение и выполняет управляющее действие. Состояние объекта меняется, сигналы об этом поступают к человеку, тот смотрит, достигнута ли цель, и в зависимости от этого приступает к новому циклу управления.

Человек в этой схеме по-прежнему звено системы, но звено особого рода. Это субъект деятельности, организующий всю систему и направляющий ее на достижение им же самим заданной цели. Именно он определяет задачу, выполняет управляющие действия и оценивает полученные результаты. Технические же устройства, какими бы они ни были, это всего лишь орудия его труда.

Машиноцентрический подход был неудовлетворителен не столько потому, что не соответствовал действительности, сколько потому, что препятствовал оптимальной организации систем и достижению истинных целей управления. Существует немало систем, где человеку уготована роль пассивного звена и его деятельность сведена к элементарным «стимул-реакциям». И как раз в таких системах эффективность и надежность управления невысоки и случаются ошибки, обязанные своим происхождением «человеческому фактору». В тех

же системах, где человеку предоставлена возможность действовать активно, эффективность и надежность достигают самого высокого уровня.

**Неожиданный результат автоматизации.** Рассмотрим в качестве примера систему «летчик — самолет». Особенность этой системы заключается в том, что человек управляет сложным объектом, перемещаясь вместе с ним и испытывая на себе физические воздействия, связанные с изменением параметров среды. Вот где проявляется одно из бесспорных преимуществ человека перед ЭВМ — способность судить о положении дел не только по приборам, но и по непосредственным ощущениям. Эти ощущения, возникающие у него во время полета, дают ему иногда не только дополнительные, но и основные сведения о режиме, в котором протекает полет.

Но особенности системы «летчик — самолет» этим не исчерпываются. Степень автоматизации процессов переработки информации и управления может в течение одного полета претерпевать значительные изменения, причем в случаях отказа автоматики летчику приходится переходить на старые способы ручного управления, и переходить без промедления. Все это вместе взятое делает систему «летчик — самолет» на редкость удобной моделью для изучения связей между степенью автоматизации, уровнем активности человека и эффективностью работы всей системы.

Но может ли при столь тесном контакте человека с управляемым объектом меняться уровень его активности? В том-то и дело, что контакт этот благодаря автоматике ослабевает катастрофическим образом. Управляя самолетом вручную, летчик не только воздействует на рули, но и непрерывно воспринимает поток мышечных импульсов,

которые вместе со зрительными сигналами информируют его о поведении самолета и о результатах собственных движений. Этот поток и дает летчику ощущение своей слитности с самолетом и составляет основу того, что пилоты называют летным чувством. При переходе же на режим автоматического управления поток этот иссякает, и двигательный анализатор остается без работы. Та сложная мозговая система, которая занимается сравнением, предвидением и выработкой управляющих коррекций, испытывает острейший недостаток в информации. Из-за этого механизм обратной связи утрачивает свое ведущее значение, а с ним утрачивается и готовность человека в случае отказа автоматики взять дело в свои руки.

Как показали эксперименты, через полчаса после начала полета с автопилотом летчик тратит на обнаружение значимых отклонений на приборах в 5—10 раз больше времени, чем через полчаса после начала ручного пилотирования. Причина проста: прекратилось взаимодействие зрительного и двигательного анализаторов, взаимодействие глаз и мышц, благодаря которому контроль за показаниями приборов протекал непроизвольно, в единой структуре чувственно-моторных действий. Контроль превратился в самостоятельное действие, регулируемое специальной постановкой цели и волевым усилием. Автоматизация управления деавтоматизировала навык! В этом не было бы беды, если бы пилоту этот навык был не нужен, но навыки ручного управления нужны ему не меньше, чем автоматика.

**Подмена цели.** Управление самолетом стало таким сложным делом, что без автоматики никак не обойдешься. При заходе на посадку по обычным приборам летчику приходилось непрерывно контро-

лизовать 5—6 параметров полета, переводя взгляд с прибора на прибор до 200 раз в минуту, да еще выполняя при этом множество умственных действий. От этой тяжелой и, естественно, не всегда безошибочной работы его освободили так называемые интегральные директорные приборы, на которые бортовое вычислительное устройство выдает для летчика готовую команду: делай то-то и то-то. Взгляд летчика больше не мечется по пилотажным приборам, показывающим отдельные параметры полета, — он устремлен на директорный прибор.

Все в порядке? Да, пока автоматика работает бесперебойно и не ошибается сама. Но вот из-за отказа вычислителя директорный прибор начинает выдавать ложные команды, противоречащие показаниям пилотажных приборов. Приборы эти тут же, но летчик не видит их — он заморожен своим автоматическим командиром. Заморожен потому, что в его деятельности произошла подмена цели. Прежде, когда он управлял по обычным приборам, цель была в том, чтобы выдержать режим полета, а теперь она свелась к тому, чтобы выдержать заданное положение директорных индексов. Из активного звена системы летчик превратился в пассивное, активным стал директорный сигнал.

В конце концов летчик понимает, что автоматика вводит его в заблуждение. Но сколько драгоценных секунд уходит на то, чтобы правильно оценить ситуацию, скольких усилий стоит летчику восстановление утраченной связи с самолетом и той активности, без которой невозможно эффективное ручное пилотирование!

**Как вернуть «мышечную бдительность»?** Передача автоматике управляющих функций на сложных этапах полета неизбежна. Но неизбежно ли снижение активности летчика? Неужели нельзя компенсиро-

вать нехватку информации, из-за которой это снижение и происходит? Прежде всего можно сделать так, чтобы о неблагополучии в системе сообщал особый сигнал и чтобы он сразу же отсылал летчика к тому прибору, по которому ему следует контролировать режим полета.

На специальном имитаторе психологи изучили два варианта сигнализации об отказах автоматики. Первый был такой: на особом табло зажигалась лампочка с надписью, указывающей на необходимый прибор. Во втором варианте лампочки с теми же надписями были встроены в приборы, к которым адресовала надпись. Второй вариант оказался эффективнее первого. Анализ движения глаз летчика показал, что при первом варианте он переводит взгляд на пилотажный прибор не сразу, а через директорный индекс. Взгляд перенесен, но пилотажный прибор еще молчит: из-за своей инерционности он не может выдать летчику необходимую для управления информацию одновременно с появлением сигнала об отказе. Но вместо того чтобы дожидаться ее, летчик, как бы не поверив глазам своим, снова обращается к табло, окидывает взглядом другие приборы, затем начинает вмешиваться в управление, но не целенаправленно, а пробными движениями, словно проверяя правильность сигнала. А движения эти только увеличивают отклонения от режима полета.

Другое дело — второй вариант, где сигнал отказа объединен с полезным сигналом. Это в несколько раз уменьшает интенсивность поисковых движений глаз и количество пробных движений. Не испытывая никакой нужды в дополнительной информации, летчик быстрее осмысливает сигнал, спокойно ждет развития событий — появления на приборе сигналов рассогласования и лишь после этого принимает решение.

Еще больше пользы приносит смешанное управление, при котором летчик работает вместе с автопилотом. Благодаря автоматике он не очень загружен пилотированием, но развитие событий не выходит из поля его внимания. Время от времени он корректирует работу автопилота и благодаря этому сохраняет все мозговые связи, необходимые для управляющих воздействий, а с ними и то активное состояние организма, которое служит первым условием для быстрого и точного вмешательства в процесс.

Это состояние исследователи проверили целой системой экспериментов. Измерения показали, что на протяжении всего смешанного полета у летчика сохраняется высокая «мышечная бдительность» — постоянная готовность к действию двигательного анализатора. Об общей активности летчика свидетельствовала и устойчивость восприятия приборной информации: структура и частота перемещений взгляда между приборами была через час после начала полета такой же, как и через десять минут. В середине смешанного полета экспериментаторы без ведома летчиков вводили отказы указателя скорости. И все летчики до единого обнаруживали изменение в показаниях прибора максимум за 5 с. Когда же отказы вводились во время полностью автоматического полета, их обнаружение затягивалось до 160 с.

На основе исследований подобного рода в советской инженерной психологии был выдвинут принцип активного оператора. Принцип гласит: при распределении функций между человеком и машиной следует прежде всего добиваться того, чтобы человек выполнял в системе активную роль. Этот принцип органично вытекал из антропоцентрического подхода к системе «человек — машина», направленного на не упрощение труда, а на гуманизацию техники.

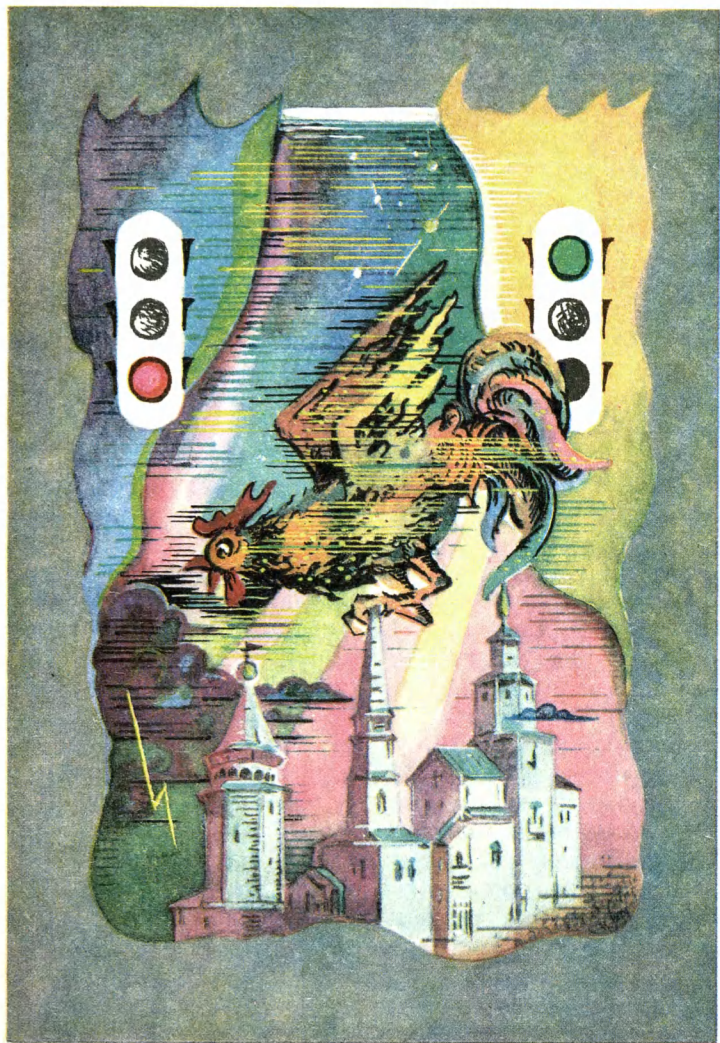
**Золотой петушок, или линия спокойствия.** Принцип активного оператора находит свое яркое воплощение в космонавтике. Когда-то американский психолог А. Чананис сказал, что полет Юрия Гагарина означает прежде всего триумф инженерной психологии. «Может быть, — пишет по этому поводу Г. Т. Береговой, — до триумфа еще далеко; но надо подчеркнуть, что из всех научных дисциплин, занимающихся человеком, именно инженерная психология выступила за принцип *активности* в системе управления». Было время, вспоминает он, когда вопрос об активности космонавта служил предметом острых дискуссий, и грозная неизвестность космоса заставляла многих делать ставку в основном на автоматику. Но практика показала, что если «человек не «возлежит» на летательном аппарате, а управляет им, чувствует его «норов» и по его реакциям мгновенно ощущает свои собственные, едва заметные промахи или неточности», тогда он во многом становится хозяином положения. Космонавт, пишет Г. Т. Береговой, всегда должен идти чуть-чуть впереди событий: на этом и основывается психологическое упреждение любой неожиданности. И какие бы ни были автоматы на борту, они только помогают экипажу управлять, изменять программу, принимать решение. Человек всегда должен иметь возможность в зависимости от обстановки свободно менять объем использования автоматики.

За 20 с лишним лет космических полетов в неожиданностях, как известно, недостатка не было, и многие из них были связаны с внезапными неполадками в системе управления. Так, например, в полете американского корабля «Джемини-5» было зарегистрировано 19 нарушений в работе систем, а полеты «Аполлона-10» и «Аполлона-13» завершились благополучно только благодаря своевремен-

ному вмешательству астронавтов в работу автоматики. Еще до полета на Луну Нейл Армстронг решил, что, как только они снизятся до высоты 100 м, он перейдет на полуавтоматическую систему посадки. Он понимал, что автоматика еще не знает, как выбрать посадочную площадку. Так оно и вышло; на участке торможения автоматика сажала лунный модуль «Аполлона-11» прямехонько в кратер. Приходилось экстренно переходить на ручное управление и нашим космонавтам. Во всех этих случаях, замечает Г. Т. Береговой, эффективность действий была реализацией тех принципов в распределении функций между автоматом и человеком, на которых настаивает инженерная психология, и в первую очередь принципа активного оператора.

Чем полнее удастся реализовать принцип активного оператора, тем выше качество работы всей системы. Человек должен знать о тенденциях в поведении управляемых объектов, идти чуть-чуть впереди событий. А это значит, что ему нужна такая информационная модель, которая отражала бы не чрезвычайное событие, не отказ вычислительного устройства или выход из строя какого-нибудь регулятора, а неблагоприятные тенденции в системе, сигнализировала бы о том, что, «если так будет продолжаться», чрезвычайное событие произойдет. Особенно это нужно тем операторам, чья бдительность притупляется и чья активность снижается от долгого ожидания аварийного сигнала.

Конечно, отказ автоматики может быть внезапным, и никаких тенденций не уловишь, ибо их просто не было. Но нередко бывает, что какой-нибудь процесс начинает выбиваться из установленного режима и приближаться к критической черте постепенно. Вот тут-то и необходима динамичная модель, поглядывая на которую или совершая определен-



ные пробные действия, оператор вовремя заметит неладное. И активность его тогда будет на должном уровне (а значит, он не растеряется, не окажется в стрессовом состоянии), и на должном уровне будет надежность всей системы. Словом, нужен ему своего рода Золотой петушок:

*Чуть опасность где видна,  
Верный сторож как со сна  
Шевельнется, встрепенется,  
К той сторонке обернется...*

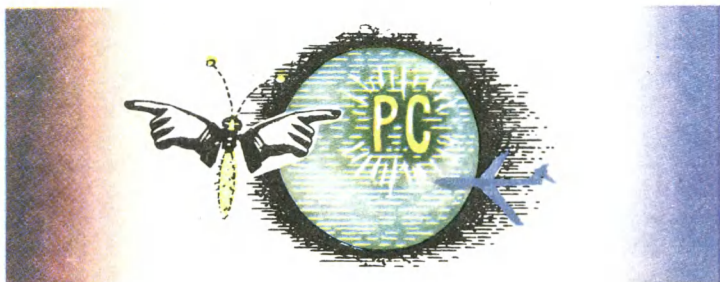
Реальна ли эта идея? Можно ли воплотить сказочного Золотого петушка в техническом устройстве? Уже довольно давно в АСУ «Цемент-1» применяется система контроля, предложенная профессором Д. И. Агейкиным. На пульте, перед оператором, расположена «линия спокойствия» — особый световой индикатор. Обращаясь к нему время от времени, оператор проверяет состояние параметров процесса, улавливая тенденции их изменения и скорость приближения к критическим значениям. Если на каком-нибудь участке производства нарушается режим, то еще задолго до аварийного сигнала соответствующая этому участку секция «линии спокойствия» меняет свой обычный зеленый цвет на красный.

**На командном пункте аэропорта.** Небезуспешны попытки воплотить принцип активного оператора и в системах управления воздушным движением. Такова, например, АСУ ТЕРКАС, установленная во Внуковском аэропорту. Как только самолет входит в зону ТЕРКАСа, на большом круглом экране индикатора воздушной обстановки (ИВО), перед которым сидит диспетчер соответствующего сектора зоны, возникает светящийся символ и «визитная карточка» самолета. В карточке содержатся радиотелефонные позывные самолета, высота и скорость его

полета, запрошенный пилотом и заданный диспетчером «эшелон полета». Если на борту неблагополучно, ЭВМ зажигает на экране ритмично вспыхивающую «бабочку» с буквенным индексом; отказала, например, радиосвязь — около «бабочки» загораются буквы РС.

Для составления «визитных карточек», или формуляров, управляющая ЭВМ получает информацию из разных источников — от радиолокационных станций, самолетных «автоответчиков», из собственной памяти. Память ее хранит все сведения о структуре воздушного пространства в зоне действия ТЕРКАСа, об аэродромах и самолетах, о маршрутах вылета и прилета, о планах полетов и, конечно, о погоде на трассах и аэродромах и о состоянии взлетно-посадочных полос. Информацию эту периодически вводит в ЭВМ метеослужба.

Одновременно ЭВМ печатает для диспетчера сведения о самолете на специальных бланках — стрипах. На стрипе информации больше: здесь и тип самолета, и крейсерская его скорость, и аэропорты вылета и назначения, и фактическое время вылета. Указано в стрипе и когда самолет должен был пролететь контрольный ориентир, и когда пролетел его на самом деле, где он должен войти в сектор подхода к зоне аэропорта и где выйти.



Пользуясь этой информацией, диспетчер с помощью ЭВМ рассчитывает траекторию движения самолета в своем секторе и, согласуя ее с траекториями других самолетов, выбирает оптимальные условия полета. Условия эти он записывает в стрип и сообщает командиру экипажа во время сеанса связи с самолетом. Любое отклонение от спланированной траектории тотчас отражается на экране ИВО, так что у диспетчера всегда есть время сообщить на борт самолета новые рекомендации. Итак, благодаря ТЕРКАСУ диспетчер может анализировать не только текущую, но и ожидаемую ситуацию. Он идет впереди событий, а значит, события разворачиваются не так, как им заблагорассудится, а так, как этого требует график воздушного движения, интересы безопасности и экономии. Экономия, между прочим, немалая. Хорошая АСУ, избавив самолеты от необходимости проводить лишнее время в воздухе, ожидая, пока им разрешат посадку, способна сберечь Аэрофлоту от 5 до 10% горючего.

Интересных результатов добились и американские инженеры. В первом варианте одной из АСУ им удалось сделать так, чтобы для любого набирающего высоту самолета на экране автоматически определялись «конфликтные ситуации». После того как оператор отдавал команду самолету, перед его глазами появлялось цветное изображение траектории его полета и символов его столкновений с другими самолетами (если, конечно, такие столкновения были хоть в малейшей степени вероятны). В последнем варианте АСУ команды для самолетов вырабатывает ЭВМ. Результаты этих команд она моделирует на цветном экране, где кроме траекторий запрашиваемых самолетов воспроизводятся в виде прямоугольников области возможных столкновений, а в точках минимального удаления самолетов друг от друга вспыхивают звездочки. Воздушная обстановка теперь — как на ла-

дони. Оператор видит все, что есть и что может случиться, и принимает наилучшее в данных условиях решение.

## Опережающее отражение

**Деятельность надо проектировать.** Нетрудно догадаться, что принцип активного оператора и антропоцентрический подход вообще восторжествуют тогда, когда всякая система «человек — машина» будет плодом самого тесного сотрудничества инженера и психолога. Пока еще при создании системы психолог чаще всего выполняет роль консультанта. Но даже и тогда, когда он выступает как полноправный соавтор, дело нередко сводится к тому, чтобы наилучшим образом организовать обслуживание техники. В проект вносятся поправки, иногда существенные, но все это в большинстве случаев дает лишь половинчатый эффект, ибо речь идет по преимуществу о проекте техническом, о проектировании машины. Между тем, подобно тому как инженер проектирует технические устройства и технологические процессы, так и психолог должен проектировать деятельность оператора, заранее определяя, что тот будет делать в системе. В зависимости от этого проекта и должны решаться все инженерные и психологические задачи и создаваться все средства информационного взаимодействия. Человек и его деятельность — прежде всего.

Вот почему от изучения «входных» и «выходных» характеристик человека, от анализа отдельных психических функций, процессов и состояний, от решения частных задач и составления рекомендаций по тому или иному поводу инженерная психология все решительнее переходит к исследованию более сложных, интегральных процессов, к созданию общей теории деятельности. Опирается она при этом

не только на физиологию и психологию труда и на другие смежные области, которые мы уже упоминали, но и на системный анализ, позволяющий изучать явления во всех их связях, отношениях и развитии, а также на те представления о деятельности, которые в течение многих десятилетий успешно разрабатывались видными советскими психологами. Теория эта и должна стать базой для проектирования деятельности человека, управляющего техникой.

**Вектор «мотив — цель».** Всякая деятельность исходит из определенных мотивов и направлена на достижение определенной цели. Сложные и многозначные отношения между мотивом и целью задают деятельности направление и устремленность. Мотивы определяют отношение человека к своей деятельности и оказывают непосредственное влияние на его эмоциональное состояние и работоспособность. От сочетания мотивов и целей зависит многое — длительность периода «вработываемости», степень работоспособности, интенсивность той стадии, которую психологи называют «конечный порыв» и которая часто приводит в изумление как самого работающего человека, так и тех, кто судит о нем в категориях «входных» и «выходных» характеристик.

Мотив, как мы уже однажды говорили, переживается человеком как непосредственная причина его деятельности, как побудительная сила. Что же касается цели — того, чего еще нет, но что должно появиться в результате деятельности, то человеку она представляется в виде образа — образа в самом широком смысле слова. Для оператора, например, это образ заданного состояния объекта управления. И пока это представление о конечном результате не сформировано, никакая сложная деятельность невозможна. Ведь именно от образа-цели зависит, каким сигналам человек отдает предпочтение в первую очередь,

с чем он их сравнивает, как оценивает, какое принимает решение.

**На пути к цели.** Достижение цели не одномоментный акт, а более или менее длительный процесс: цель как бы разворачивается в цепочку частных задач, которые надо решать. В одних случаях каждое последующее действие служит логическим продолжением предыдущего, в других же, когда человеку приходится одновременно решать несколько задач, прямой логической связи между действиями может и не быть. Бывает даже так, что оператор имеет не одну, а несколько целей и, следовательно, занят несколькими видами деятельности, причем действия, относящиеся к разным видам деятельности, должны выполняться поочередно. Когда все это совершается в обстановке дефицита времени, риска, высокой ответственности, стрессовых факторов, психическое напряжение неизбежно.

Можно ли надеяться, что в таких условиях образ-цель сохранится в памяти человека сам собой и будет точно «срабатывать» в нужное время? Мы уже видели, как у пассивного наблюдателя смещается цель и как он, вместо того чтобы управлять машиной по приборам, управляет приборами. Стрессовая ситуация и вовсе способна «выбить цель»: человек начинает совершать хаотические действия или совсем прекращает работу.

Помочь оператору сохранить перед собой образ-цель могут речевые команды-напоминания или особые индикаторы, где цель будет отображена в наглядной или знаковой форме. Часто самым эффективным оказывается такой вариант информационной модели, где основное место отведено отношению текущего состояния объекта к заданному (к образцу-цели), а все остальное находится на втором плане.

Каждое действие, которое совершает оператор,

подчинено цели и связано с другими действиями. Эта связь возможна лишь в том случае, если у человека есть план деятельности, который, как и цель, формируется до ее начала. От того, как планируется деятельность, зависит и уровень ее организации.

**Антиципация — предвосхищение.** Самый низкий уровень — работа «по ориентирам», свойственная начинающим операторам. Действия строятся как ответы на сигналы (по схеме «стимул — реакция»), и человек идет на поводу у внешних событий, то и дело совершая ошибки. Тут, в сущности, даже нет никакого плана. Уровень повыше — работа по образцу, или шаблону. Такой способ планирования хорош, но лишь пока все идет гладко. Неожиданное событие — и чересчур жесткий план может оказаться неприемлемым. Лучше всего — планирование общей стратегии, без детализации, позволяющее человеку учитывать вероятности возникновения тех или иных событий и в зависимости от обстоятельств менять тактику. Так планируют свою деятельность опытные операторы.

В физиологии активности, которую обстоятельно исследовали П. К. Анохин, Н. А. Бернштейн и другие советские ученые, одно из центральных мест принадлежит необычайно емкому понятию — опережающее отражение. Понятием этим обозначается способность организма к предугадыванию событий, основанная на отражении и анализе их тенденций. Одна из форм этого отражения — антиципация (от латинского *anticipio* — предвосхищаю), особенно ярко проявляющаяся в тех системах, где оператору приходится непрерывно корректировать процесс по тем или иным параметрам (вспомним «погоню за черной меткой»).

В индивидуальном планировании деятельности антиципация играет ту же роль, какую в самой дея-

тельности играет планирование. Когда человека вынуждают работать по очень жестким предписаниям, когда его ставят в положение автомата и лишают возможности по-настоящему планировать свою деятельность, когда, наконец, информация подается ему в такой форме, при которой он не в состоянии предвидеть развитие процесса, — тогда он быстро теряет интерес к работе и надежность его снижается. Человек должен все время чувствовать себя хозяином положения — вот залог его активности и надежности.

**Концептуальная модель.** Почти всю текущую информацию оператор получает от систем отображения. Процесс этот протекает как бы на двух уровнях. Первый — восприятие физических явлений, выступающих в роли носителей информации, — комбинаций световых пятен на экранах, положений стрелок на шкалах и т. д. Второй — декодирование воспринятых сигналов и формирование на этой основе мысленной картины управляемого процесса — концептуальной модели (от латинского *concept* — представление).

Первый уровень исследован в инженерной психологии хорошо. Сначала, правда, сигналы, несущие информацию, нередко рассматривали вне связи друг с другом. Дело обстояло так, будто человек обладает только световой, только цветовой или только звуковой чувствительностью. Но затем все стали понимать, что любой сигнал воспринимается в общем потоке и благодаря взаимодействию всех наших чувств превращается в элемент целостного отражения предмета или явления. Иногда оператор получает сигналы не только от приборов (инструментальные сигналы), но и через непосредственное воздействие среды (неинструментальные сигналы). Летчик воспринимает вибрацию самолета, крены; космонавт — пере-

грузки и невесомость. Эти сигналы тоже приходится учитывать при создании систем «человек — машина», так как они могут вступить в противоречие с инструментальными сигналами, и человек рискует тогда принять неверное решение.

Второй уровень изучен меньше. Ведь концептуальная модель включает в себя как сигналы, воспринимаемые в данный момент, так и прошлый опыт человека, его знания и навыки. Этот динамический синтез восприятия и следов памяти облекается в форму представления со всеми присущими ему признаками — обобщенностью, схематичностью, панорамностью. Когда-то представление считалось «тенью восприятия». Но это далеко не так. В ходе формирования представления случайные признаки объектов отсеиваются, а общие, наиболее устойчивые, фиксируются. Сознание выделяет те элементы объекта или ситуации, которые человек считает опорными, самыми информативными. Представление не подробная картина действительности, а ее схема, где максимум информации заключен в минимум элементов. Наконец, в концептуальной модели содержится обычно представление не об отдельном объекте или процессе, а о ситуации в целом, обо всех условиях и обстоятельствах, с которыми связаны объект или процесс.

**Образ полета, образ управления.** Что такое концептуальная модель на практике? Для летчика, например, это «образ полета». «Под образом полета, — объяснял нам летчик, — я понимаю то представление о своем положении в пространстве, которое сложилось у меня под воздействием внешних условий и опыта. Для его создания показаний приборов хватает не всегда, и мне приходится дополнять их своим опытом, своей памятью».

Некоторые летчики проводят своеобразную психо-

логическую тренировку, совершая определенный маневр или выводя самолет из фигуры с закрытыми глазами и проверяя потом себя по приборам. Благодаря таким тренировкам, по словам другого летчика, «отрабатывается устойчивость образа полета, снимается излишняя нагрузка, появляется чувство уверенности и полеты в облаках уже не кажутся такими сложными». Из этих рассказов хорошо видно, что управление объектом не сумма реакций на показания приборов: показания прежде всего соотносятся с концептуальной моделью полета, и чем точнее и полнее модель, тем легче человек расшифровывает сигналы и тем увереннее его действия.

Психологам часто приходилось сталкиваться с такими случаями, когда информационные модели отвечали всем задачам обнаружения, различения, опознания, т. е. первому уровню, но затрудняли работу второго уровня — формирование и динамику концептуальной модели. Вот один характерный пример.

На панель с приборами, перед которой сидит оператор энергоблока, нанесена мнемосхема — штриховые символы котла или турбины, соединенные цветными «технологическими» цепочками (путь воды, путь пара, путь масла и т. д.). Самим котлом управляют автоматические регуляторы, контролирующие процесс в 500 точках. Оператор же осуществляет избирательный контроль — держит в поле своего внимания показания 40 приборов и следит за тем, справляется ли со своими обязанностями автоматика. По замыслу конструкторов мнемосхема должна служить ему наглядной опорой для памяти — весь объект перед глазами.

Но наглядность наглядности — рознь. Бывали случаи, когда операторы жаловались психологам, что мнемосхема им только мешает и они стараются не смотреть на нее. В чем же дело? А в том, что гра-

фическое изображение объекта далеко не всегда соответствовало тому образу, на который ориентировался оператор. Автор мнемосхемы преследовал одну цель, а оператор преследует другую. Первый изобразил спроектированный им агрегат, а оператору нужно управлять им, ему нужен не образ объекта, а «образ управления» (как летчику — не образ самолета, а «образ полета»!). Ему нужно знать не технологию во всех ее подробностях, а лишь логику процесса.

Психологи сравнили в экспериментах два варианта мнемосхемы. Первым много лет пользовались операторы на электростанциях, второй, «психологизированный», был создан на основе психологических исследований. Второй не имел ничего общего с первым: это была обобщенная логическая схема. Как показали эксперименты, общее время задач, с которыми обычно сталкиваются операторы в реальной обстановке, при опоре на «психологизированную» схему, сокращается в 3,5 раза, а количество ошибок — в 18 раз.

**Классификация решений.** Ставит ли оператор перед собой цель, определяет ли частную задачу, строит ли концептуальную модель — он принимает решения. Решения пронизывают всю его деятельность — от поисков выхода из непредвиденной ситуации до такого элементарного процесса, как обнаружение сигнала, при котором оператор прежде всего руководствуется определенным правилом и шкалой оценок.

Выбор из спорных альтернатив — вот что такое принятие решения. Сначала человек выделяет проблему, затем выдвигает гипотезы, т. е. разные варианты решения, оценивает их и, наконец, выбирает тот, который, по его мнению, скорее приведет к желанной цели. В зависимости от соотношения процессов выдвижения гипотез и их оценки, или контроля,

можно выделить пять типов решений: импульсивное (гипотеза принимается без контроля); решение с риском (гипотеза контролируется лишь частично); уравновешенное (выдвижение гипотез и их контроль сбалансированы); осторожное (контроль начинает подавлять выдвижение); инертное (выдвижение подавлено, а посему протекает медленно и неуверенно). Крайние типы — импульсивное и инертное — самые неэффективные; лучше всего, когда риск сочетается с осмотрительностью — своего рода «осторожная смелость».

Кроме типов решений есть еще и способы их принятия. Анализ поведения летчика при отказе автопилота позволил психологам выделить четыре таких способа. Первый: восприняв сигнал о крене самолета, пилот почти сразу же выполняет необходимое действие. Второй: сначала пилот исследует приборную панель и уж потом, с задержкой секунд в двадцать, приступает к действию. Третий: пилот не только исследует панель, но и совершает ряд пробных движений, манипулируя рукоятками. И четвертый: пилот совершает пробные, часто хаотические и ошибочные действия, отчего время задержки увеличивается до 180 с.

В первом и во втором случаях процесс протекает целиком во «внутреннем плане», «в уме», а в третьем и четвертом еще и во «внешнем»: гипотезы проверяются не только «в уме», но и на практике, даже выдвигаются они в зависимости от моторных действий. Нет нужды доказывать, что преобладание «внутреннего плана» опирается на хорошую концептуальную модель, а та — на хорошую информационную. Такие формы подачи информации, как «психологизированная» мнемосхема или «линия спокойствия», помогают человеку быстро принять верное решение. Этой же цели служат и устройства, подсказывающие оператору в критических случаях,

где ему искать информацию, или ЭВМ, дающие дельные советы.

**От решения к действию.** От решения, как мы знаем, оператор переходит к действию. Действия, доведенные до высокого совершенства, выполняемые легко и быстро, — это уже навыки. Когда принятие решения требует развернутой системы специальных действий, каждую часть процесса деятельности можно увидеть в отдельности. Но если перед нами опытный оператор с хорошо развитой способностью к антиципации и отшлифованными навыками, все части сливаются у него воедино и решение само собой превращается в действие. Познавательные и приспособительные движения, преобладавшие у него на ранних стадиях обучения, постепенно уступают место одним только рабочим движениям, а те, в свою очередь, превращаются в одно сложное движение, выполняемое точно и экономно и регулируемое уже не на речемыслительном уровне, а на сенсорно-перцептивном, т. е. уровне «чувственной автоматике» организма, предоставляющей мышлению все возможности заняться общим контролем, выработкой стратегии и решением серьезных задач.

**Интеллектуальные уровни решений.** Только что мы классифицировали типы решений по соотношению процессов выдвижения гипотез и их контроля. Можно классифицировать их и по «интеллектуальному уровню», поставив его в зависимость от логической сложности задачи. Тогда на самом низшем уровне окажутся у нас дедуктивные решения. Существуют три вида дедукции, т. е. движения мысли от общего к частному. Первый — элементарная дедукция (сигнал — ответ): зажглась, допустим, лампочка — оператор нажимает кнопку. Второй — оптимизирующая: изменилось положение метки —

меняется положение визира. Третий — адаптивная: ускорилось движение метки — ускоряется и движение визира.

Более высокий уровень — абдуктивные решения. Они менее определены: по следствию нужно найти причину. Например, по известному правилу выделить сигнал из шума. Еще выше — решения индуктивные — движение мысли от частного к общему. Здесь все наоборот: для событий находят правило. С индуктивными решениями оператор имеет дело сплошь да рядом, особенно в непредвиденных ситуациях, когда правило вырабатывается на ходу. И с прогнозирующими: оператор все время старается заглянуть в будущее, сообразить, что может произойти, и подготовиться к любой внезапности.

Схема условна, как все схемы на свете, но по ней можно, например, судить, какие процессы решения следует передать машине, а какие человеку. Долгое время ЭВМ были способны к одной лишь дедукции, потом они научились кое-каким основам абдукции. Но дальше дело застопорилось: индуктивное мышление, опирающееся на аналогию и интуицию, им пока не под силу. Дедукция — безопасность, индукция — риск; дедукция не дает уму впасть в заблуждение, но она извлекает из постулатов лишь то, что в них есть. Всякое открытие связано с интуитивной догадкой, во всякой индукции, стремящейся угадать неизвестное и установить основу для очередной дедукции, заключены элементы творчества, элементы новизны.

## Оперативное мышление

**Свеча Секея.** Но что же именно открывает оператор? Присутствуют ли в его мышлении эти элементы? Как вообще протекает его мышление и что более всего для него характерно?

Много лет назад венгерский психолог Л. Секей придумал такую задачу. Он давал своим испытуемым несколько предметов: карандаш, блокнот, пробку, весы, спички, свечу, несколько гирек. Надо было, манипулируя этими предметами, уравновесить весы так, чтобы через некоторое время равновесие нарушилось само собой. Уравновесить — просто. Но как сделать, чтобы равновесие нарушилось? Оказывается, надо зажечь свечу: сгорев, она потеряет в весе. Кажется, додуматься проще простого, но додумывается не каждый и не сразу.

Секей говорил по этому поводу, что у предметов есть «сильные» и «слабые» свойства. «Слабые» замаскированы, и решение задачи состоит в том, чтобы обнаружить именно эти свойства. Кому не известно, что свеча, сгорая, тает? Но формулировка задачи не наводит на эту мысль. Свеча выступает в роли гири, это ее «сильное» свойство, ее же способность гореть — свойство «слабое», и вытащить его наружу, «усилить» равнозначно догадке.

**Задача Гаусса.** А вот еще одна задача, на этот раз арифметическая. Существует легенда о маленьком Гауссе, который впоследствии стал великим Гауссом и получил титул короля математиков. В изложении немецкого психолога М. Вертхаймера эта легенда звучит так. Однажды учитель сказал ученикам: «Кто из вас скорее сосчитает сумму  $1+2+3...+10$ ?» Через некоторое время, когда все кругом еще считали, Гаусс поднял руку. «Как тебе удалось решить так быстро?» — воскликнул учитель. Неизвестно, что ответил Гаусс, но, очевидно, он ответил так: «Если бы я складывал  $1+2+3$  и так далее, это было бы долго и можно было бы ошибиться, но посмотрите:  $1+10=11$ ,  $2+9=11...$  Получается пять пар по 11, что в сумме составляет 55».

Неважно, конечно, что ответил Гаусс, важно, как он додумался до быстрого решения. Есть несколько вариантов этой задачи, и, разобрав их все, Вертхаймер нашел в их решениях один общий признак.

Каким бы решением мы ни воспользовались, говорит он, мы непременно прибегнем к методу перегруппировки как реорганизации рядов чисел. Перегруппировка направляется нашим стремлением понять отношения между суммой рядов и их структурой. В процессе перегруппировок отдельные составляющие получают новое значение. Число 9, например, мы рассматриваем не только как  $8+1$ , но и как  $10-1$  или  $11-2$ .

Когда мы попадаем в проблемную ситуацию, продолжает Вертхаймер, т. е. видим конфликт между условиями и требованиями задачи, мы стремимся устранить ощущение неясности и начинаем ставить перед собой вопросы. Подобно магнитам, эти вопросы извлекают из элементов задачи самые важные. Из них образуется фокус, центр ситуации, и вокруг этого фокуса все элементы складываются в единое структурное целое. Так создается основа для понимания ситуации, т. е. для решения задачи.

В задаче, которую решал Гаусс, первоначальное ощущение неясности вызывалось сложностью последовательного подсчета суммы. Неужели все числа надо складывать? Нет ли у элементов суммы какого-нибудь признака, который позволил бы обойтись без подсчета? Вот вопросы, которые должен был задать себе Гаусс.  $1+10=11$ ,  $2+9=11$ ... Ага! Вот он, фокус структуры. Этот момент психолог Бюлер так и назвал: «ага-переживание». Другие психологи предпочли термин «инсайт», что в переводе с английского означает «понимание», «проникновение», «проницательность», «интуиция».

**«Плохие» и «хорошие» структуры.** Структура, приводящая к решению, может сформироваться не сразу. Прежде чем возникнет «хорошая» структура, человек может строить «плохие» структуры, не отражающие действительного положения вещей. Процесс творческого мышления сводится к взаимодействию между «плохими» и «хорошими» структурами. Вам предстоит вычислить площадь параллелограмма. У вас это получается, по мнению Вертхаймера, благодаря тому что вы видите в «плохой» структуре — параллелограмме — «хорошую» — прямоугольник. Вы как бы распознаете в одной структуре другую, и такое распознавание — одна из закономерностей творческого мышления.

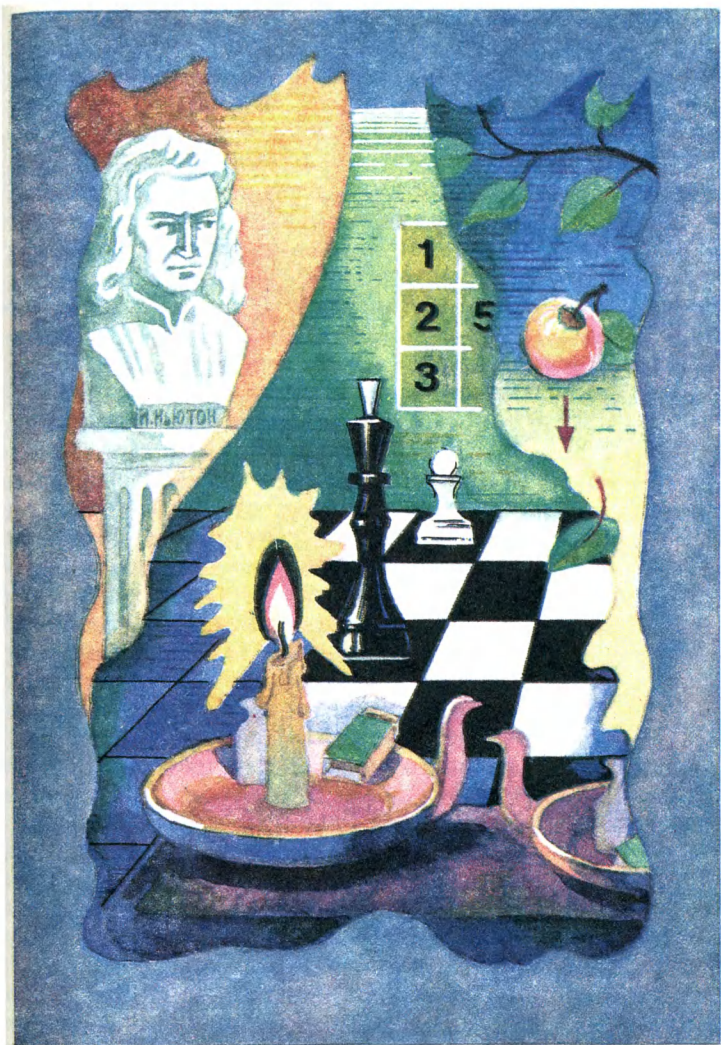
У Вертхаймера инсайт совпадает с моментом перехода от одного видения ситуации к другому. Человек смотрит на факт с разных точек зрения, и факт поворачивается к нему то одной, то другой стороной. Структура, которую он видит, каждый раз иная. Сам творческий акт — скачок от одной структуры к другой. Но почему «плохая» структура уступает место «хорошей» и что вызывает этот скачок?

Ответ на эти вопросы мы находим в работах К. Дункера, другого представителя той же школы психологов (гештальтпсихологии). Анализируя свои эксперименты, он подчеркивает стремление человека преодолеть конфликт между тем, что есть, и тем, что требуется. Человек воспринимает проблемную ситуацию как единую структуру (по-немецки «гештальт»), заключающую в себе конфликт, и принимает решение устранить его. Не желая мириться с загадкой, ум начинает строить опорные площадки, чтобы перекинуть мост от неизвестного к известному. Строительство площадок начинается с анализа конфликта, за ним следует анализ цели и выработка плана действий. В ходе размышления че-

ловек задает себе вопросы: что же мне нужно? Что делают в подобных случаях? Без чего я могу обойтись? Благодаря таким вопросам круг ситуаций, в которых можно искать решение, сужается и вычленяется очерченная область поисков решения. Человеку, который не умеет печатать на машинке, говорит К. Дункер, захотелось изменить расстояние между строчками. Для этого он не станет ни стучать в стенку, ни перекрашивать машинку в другой цвет. Ему известно, что он должен «где-то что-то подкрутить»; он знает, что вообще механических результатов добиваются механическими действиями. Такое ограничение области поисков облегчает работу мысли.

Мы задаем себе вопрос, отвечаем на него, но наш ответ содержит в себе следующий вопрос. Путь к окончательному ответу ведет через промежуточные фазы. Каждая из них по отношению к предыдущей — частное решение, а по отношению к последующей — очередная проблема. Во время движения от фазы к фазе совершается перестройка и в точке зрения, и в материале мысли — в гештальте. Решающие моменты «ага-переживаний» совпадают с внезапной перестройкой материала, когда что-то переворачивается и становится на свое место. Чтобы мыслить творчески, надо уметь перестраивать ситуацию. А так как каждая ее сторона сама по себе может быть источником решения, то чем больше разных сторон человек способен охватить взглядом, без долгого анализа, тем быстрее он найдет решение. Важна способность видеть сразу, что  $9$  — это не только  $8+1$ , но еще и  $10-1$ , т. е. включать объект исследования во все новые и новые связи и отношения.

В одном из опытов К. Дункера надо было догадаться использовать сверло в качестве недостающего гвоздя. Это похоже на задачу со свечой, где путь



к решению лежит через выявление замаскированных свойств. Обе же эти задачи, со свечой и со сверлом, напоминают нам известный из истории научных открытий эпизод с яблоком, у которого Ньютон обнаружил «слабое» свойство — подчиняться закону всемирного тяготения, и эпизод с обезьянами, которые, носясь по клетке, сцепились своими хвостами и лапами так, что химик Ф. А. Кекуле сразу распознал в образованной ими «структуре» бензольное кольцо. Где психологическая разница между большим открытием и маленьким? В обоих случаях ход мысли часто бывает одинаков.

Ограничение области поисков, о котором говорит К. Дункер, и облегчает работу мысли, и таит в себе опасность, иногда, чтобы решить задачу, надо вообще выйти из этой области. Иначе трудно будет посмотреть на дело с новой точки зрения.

**Четыре точки.** Вот задача, которую изучал психолог Я. А. Пономарев. Называется она «Четыре точки». Точки эти расположены на плоскости так, что, если вы соедините их четырьмя линиями, у вас получится квадрат. Но соединить их требуется не четырьмя, а тремя линиями. И сделать это нужно, не отрывая карандаша от бумаги, да еще так, чтобы карандаш возвратился в исходную точку. Ничего у вас не получается. Вы чертите фрагменты квадрата, треугольники, букву «зет»... Никакого толку! Тут приходит спасительная подсказка. Экспериментатор дает вам панель с гвоздиками, вбитыми в углах воображаемого квадрата, и три планки, одну подлиннее и две покороче. В планках пробиты отверстия и с одной стороны начерчены кривые линии. Нужно надеть планки на гвоздики так, чтобы концы кривых линий совпали и образовали овал. Составить овал из трех кривых — минутное дело. И вот перед вами две фигуры: овал,

составленный из трех кривых, и треугольник, образовавшийся из трех соединившихся планок.

Овал вы сознаете — он был задан. А треугольник не сознаете. Это «побочный продукт» вашей деятельности, фон для овала. Он остается за порогом сознания и выручает вас, когда вы возвращаетесь к основной задаче. Треугольник — вот та фигура, которую вам надо начертить, не отрывая карандаша от бумаги! Весь фокус в том, что линии у него как бы выходят в пространство, т. е. заходят далеко за пределы воображаемого квадрата, из которого вы не могли выбраться без подсказки. Интересно, что, если подсказка дается до основной задачи, никто ее быстро решить не может, а если в процессе решения — задачу решает каждый второй.

Даже если попытки соединить четыре точки без подсказки и безуспешны, они никогда не напрасны. Как и в случае со свечой, они создают у того, кто принимается за дело, особое эмоциональное состояние, без которого невозможно решить никакую серьезную задачу. Для подсказки необходимо уловить благоприятный момент, когда «плохие» структуры уже исчерпаны, но «доминанта еще не угасла» — не пропал интерес к задаче. Успех интуитивного решения зависит от того, насколько исследователю удалось убедиться в непригодности известных путей и вместе с тем сохранить увлеченность проблемой.

Подсказка в задаче о четырех точках — такая же ассоциация по сходству, что и ньютоново яблоко или кекулевы обезьяны. Это то, что приводит в действие механизм интуиции — восприятия проблемы сразу, без последовательного движения от частного к общему или от общего к частному, это ключ от двери, за которой находится «хорошая» структура и прячутся «слабые» свойства вещей. В опытах подсказка исходит от экспериментатора, а в реальной

жизни творческий человек не ждет ничьих подсказок, его воображение, его мысль жадно всматривается в мир в поисках аналогий, ассоциаций, новых связей, не исследованных еще сторон факта, исчерпывая до конца одну идею и переходя от нее к другой, подчас парадоксальной, противоречащей привычному представлению о вещах, но, бывает, единственно верной.

**Тысячи комбинаций.** Об исследованиях творческого мышления, ведущихся более полувека, написано много, но и нашего беглого обзора, по-видимому, достаточно, чтобы заметить общее в деятельности человека, решающего экспериментальную проблемную задачу, и в деятельности оператора. И там, и там успешные действия опираются на поисковую активность, рождающуюся из мотивационной сферы; и там, и там присутствует образ-цель, путь к которой лежит через формирование плана действий и постоянное его уточнение; и там, и там пробуждаются и набирают силу механизмы антиципации, тесно связанные с процессами структурирования и динамического узнавания элементов конечной ситуации в элементах исходной.

Да и в характере самих задач немало общего. Попадают оператору и задачи типа свечи Секея, когда нужно разгадать слабые свойства факта и сделать их сильными, и задачи типа четырех точек, когда требуется отказаться от шаблона, и задачи типа той, что решал Гаусс, когда все зависит от быстрой перегруппировки элементов. Перегруппировка, комбинирование — этим оператор занят ежедневно. Сотни комбинаций у диспетчера аэропорта или железнодорожного узла, и каждый раз в привычную как будто ситуацию вплетаются новые элементы, каждый раз очередная комбинация отличается от предыдущей, и человеку приходится принимать

решение, полагаясь не на инструкцию, а на интуицию.

Оператор комбинирует, оценивает варианты решения, делает выбор... Как он это делает? Наблюдения за ним мало что дают психологу: оператор смотрит на табло, нажимает кнопки. Из непосредственного наблюдения или из кинохронотража не поймешь, что он делал в то время, когда, по его словам, «ничего не делал», т. е. просто смотрел на табло или на экран. Словесный отчет, столь удобный и привычный в спокойной обстановке лабораторного эксперимента, не годится тоже. «Думать некогда, не то что рассказывать!» — говорят операторы. Правда, можно рассказать потом, но сколько потеряется при пересказе ценнейших деталей, сколько будет искажений (вспомним геттингенский эпизод!). И все же по крохам, по крупичкам собираются сведения и о характере задач, о методах их решения, и мало-помалу у психологов создается ясное представление о характере оперативного мышления.

**«Игры» железнодорожного диспетчера.** Вот идет обычная операция по приему и отправлению транзитного поезда. Получив по селектору запрос, дежурный проверяет, есть ли путь для поезда, сравнивает длину поезда с длиной пути, дает согласие на прием, прокладывает маршрут, открывает входной сигнал, следит за движением поезда, сверяет его стоянку с расписанием, проверяет, есть ли свободный участок за станцией, прокладывает маршрут отправления, открывает выходной сигнал... Что усматривает в этом потоке психолог? Прежде всего — составление плана действия, формирование динамического образа операции и немедленную реализацию плана.

И еще он видит, что это была не проблемная, не

творческая задача. Дежурный действовал точно по программе — по графику, где были расписаны все его действия. Такую задачу можно возложить и на ЭВМ. Но все меняется, как по мановению волшебной палочки, если поезд идет не по графику. Когда же появляется так называемый вывозной поезд, собирающий со всех станций порожняк, обстановка становится такой же напряженной, как и в аэропорту во время пурги. Дежурному надо срочно наметить план маневровой работы, сообщить о нем стрелочникам и машинистам, собрать со всех путей и подготовить к прицепке вагоны.

С порожняком приходится комбинировать не меньше, чем с самолетами, когда в зоне системы УВД возникают «конфликтные ситуации». А разве проще операция по расформированию состава, вагоны которого надо отправить станционным клиентам — заводам, фабрикам, портам? Времени в обрез, операция то и дело разрывается: только начали переводить отцепленные вагоны из одного парка в другой, как вклинивается пассажирский поезд. Это уже проблемная задача; налицо конфликт между условиями и требованиями. Задача требует пространственного комбинирования элементов, решается она методом некоторой последовательности «шагов» и обычно в нескольких вариантах, обладающих разной степенью оптимальности.

Общего с решением экспериментальных задач немало, но немало и различий. Выясняется, что многие системы управления имеют игровой характер. Дежурный по станции играет «в поезда», авиадиспетчер — «в самолеты», оператор энергосистемы — «в поддержание нормального режима». Оператор занят игрой; его «противник» — среда, создающая проблемные ситуации, его ход — часть его плана. А раз так, то его мышление можно воспроизвести на моделях и исследовать в лаборатории.

**Мысленный взор.** Два ряда из трех клеток; в шести клетках — пять пронумерованных фишек. Фишки надо расставить по порядку: 1, 2, 3, 4, 5. И не просто расставить, а найти вариант с минимальным количеством ходов. Это игра «в пять», на которой психологам удалось исследовать многие стороны оперативного мышления.

Разрешимых ситуаций в этой игре — 59. Если решать задачу простым перебором вариантов, на все ходы уйдет очень много времени. Но испытуемые и не пытаются перебирать варианты: подобно Гауссу, они сразу же принимаются искать такой вариант, в котором было бы наименьшее количество ходов. И находят, потому что им удастся связывать фишки в единую структуру и угадывать в ней если и не самую конечную ситуацию, то верный путь к ней.

Мысль испытуемого отражается в движениях его глаз, а движения регистрируются специальной электронной аппаратурой. По движениям глаз видно, как человек осматривает элементы задачи (фишки), как он вновь и вновь возвращается к ним, словно пытаясь обнаружить признаки, не замеченные раньше. Интересно, кстати, что даже тогда, когда условия задачи дают человеку не в зрительной, а в речевой форме, его глаза все равно совершают особые горизонтальные движения. Это уже динамика чистого мысленного взора, и устремлена она, как установил психолог В. Н. Пушкин, на поиски связей между элементами исходной ситуации с точки зрения конечной. Во всех случаях ищущую мысль направляет и регулирует цель.

Еще интереснее наблюдать за движениями глаз шахматиста. Играя «в пять», человек не открывает новых путей, вернее, открывает, но лишь для себя. Он поступает так же, как поступаем мы в обыденной жизни, догадываясь, что из пункта А проехать в пункт Б лучше через В, а не через Г. Мы этого не

знали, но вообще-то это было известно. Шахматы — иное дело. Там вариантов не 59, а неисчислимое множество. Недаром весь мир играет в шахматы с незапамятных времен.

Испытуемому дают этюд: найти лучший ход для белых в сложной позиции. Регистрация движения глаз показывает, как из всех фигур он постепенно выбирает такие, которые можно рассматривать как условия задачи, остальные отходят на второй план. Взгляд сосредоточивается на 5—6 фигурах, оценивая вариант за вариантом. Перебора всех возможных вариантов, конечно, нет — несколько вариантов возникают как бы сами собой. Но это даже не результат группового отсека негодных вариантов, что часто встречается в играх и житейских ситуациях: шахматист действует прямо противоположно — увеличивает количество вариантов, дополняя ими уже существующее множество. Налицо чисто творческий процесс — создание нового варианта. Нового как в субъективном, так и в объективном смысле. Бывает ли такое у оператора? Сплошь да рядом! Среди комбинаций, с которыми он имеет дело, масса таких, что не встречались прежде ни разу, а были вызваны к жизни волей оператора и неожиданным стечением обстоятельств.

Секей говорил о «слабых» и «сильных» свойствах; психологи, исследующие мышление шахматистов, предпочитают иные термины, отражающие динамику игры. Слон ходит по диагонали, ладья — по горизонтали, конь — буквой Г. Это изначальные признаки, из них складывается понятие фигуры. Но вот конь делает свой Г-образный ход, слон пересекает доску и берет пешку, ладья объявляет королю шах. К изначальным признакам прибавляются актуальные, открывающиеся только в данной ситуации: конь угрожает ферзю, ладья — королю, а слон, наоборот, обречен. Между фигурами устанавливаются но-

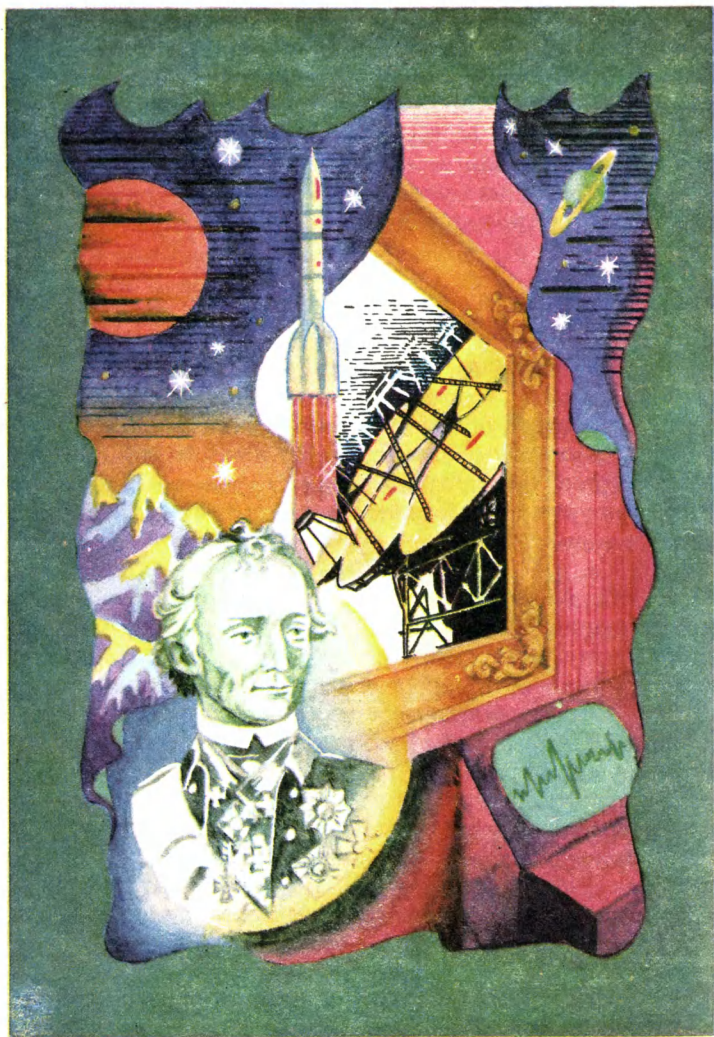
вые связи. Обегая все эти фигуры взглядом, шахматист строит из них систему — модель проблемной ситуации. У любого исследователя, решающего задачу, условия которой можно представить себе в наглядной форме, складывается в уме такая модель. На манипуляциях с подобными моделями основаны все мысленные эксперименты, столь распространенные в науке и технике.

## Диалог с роботом

**Новый характер труда.** Оператора можно сравнить со стратегом. Это не только метафора. И задачи, которые решает оператор, имеют стратегический характер, и методы их решения похожи на методы руководства сражением, которые еще в 40-х гг. исследовал известный наш психолог Б. М. Теплов. Одна из его работ так и называется: «Ум полководца».

Б. М. Теплов называл мышление полководца продуктивным и рассматривал его как особый вид творческого мышления. Полководцу, писал он, присуще умение «быстро разбираться в сложной ситуации и почти мгновенно находить правильное решение». Именно это свойственно и оператору, это главная его черта.

Когда взаимодействие человека и машины организовано по жесткому принципу «стимул—реакция», оператор не только не стратег, но даже и не тактик. Инициатива ему не принадлежит, он лишь «обороняется» от информационных сигналов или сюрпризов автоматики. Но когда он сам навязывает «противнику» бой, когда он действует по собственному плану, видит тенденции, возникающие в управляемой системе, идет хоть немного впереди событий и влияет на их ход, тогда он и тактик, и стратег, тогда



он — настоящий полководец. Термин «опережающее отражение» приобретает здесь двойной смысл.

С житейской точки зрения творец — тот, кто сочиняет поэмы и симфонии, пишет картины и создает архитектурные проекты, ставит спектакли и фильмы, совершает научные открытия и изобретает машины. Но разве отказываем мы в творческом мышлении талантливому шахматисту? Разве не творчески решали свои задачи Суворов и Кутузов? Недаром опыт человечества выработал два таких понятия, как «военная наука» и «военное искусство», и наделил второе характеристиками, среди которых эпитет «творческий» занимает главенствующее место. И разве не творцом и в известном смысле полководцем был С. П. Королев, когда воплощал в жизнь свои чисто организаторские идеи, направленные на оптимальную расстановку всех научных и технических сил?

Таков и оператор. Когда возникает проблемная ситуация и ему нужно быстро принять решение, он не перебирает в уме все известные ему варианты (да их часто и не существует), а создает новый вариант, соответствующий новизне и непредвиденности ситуации. Его успех определяется не только навыками и знаниями, но и его решимостью, волей, изобретательностью, интуицией, талантом — всем тем, что определяет успех полководца, организатора, гроссмейстера. Его мышление так же продуктивно, как и их мышление, ибо в ходе своей деятельности он получает новое знание, опознает неожиданные события, разрабатывает оригинальные планы действий и принимает решения, которых до него никто еще не принимал. Он творит.

Человек решительный и вместе с тем предусмотрительный, человек глубоких знаний и творческой активности — вот каким представляет себе командира техники инженерная психология; помочь чело-

веку раскрыть в себе эти черты, дать простор развитию его активности — вот к чему стремится она. К этому стремятся и все те науки, с которыми инженерная психология сотрудничает в проектировании систем «человек—машина», в улучшении условий труда, в создании благоприятного психологического климата на производстве.

С развитием техники, отмечали мы, растет роль «человеческого фактора». «Фактор» этот долго вселил тревогу: человек не справлялся с потоками информации, а если потоки были и невелики и человеку отводилось место «сторожа при автоматике», результат был не лучше. Теперь мы можем взглянуть на «человеческий фактор» не с тревогой, а с надеждой и уверенностью: человек, который не «сторожит» автоматику, а контролирует ее, управляет и командует ею, решает вместе с нею общие задачи, становится уже не ведомым, а ведущим и превращается из уязвимого звена в самое крепкое.

И он сам выигрывает от этого не меньше, чем система в целом; ведь характер его труда меняется коренным образом. Коммунистическая партия и Советское государство прилагают много усилий, чтобы сделать труд человека не только более производительным, но и содержательным, интересным, творческим. Таким и становится труд оператора в автоматизированной системе, где человеку отводится роль организующего звена. Исследования, которые ведет инженерная психология, выходят далеко за рамки чисто научных дисциплин и оказываются тесно связанными со всей экономической стратегией партии. Стратегия эта, как сказано в Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года, имеет своей целью, в частности, «создание лучших условий для всестороннего развития личности».

Достижение же этой цели ставится в прямую зависимость от необходимости осуществить «глубокие преобразования... в труде, улучшить и облегчить его условия, обеспечить широкие возможности для высокопроизводительной и творческой работы...»

Было время, когда управление машиной почти не содержало в себе творческих элементов и творцом считался только тот, кто создавал новую машину, кто ее изобретал. Теперь творческого подхода, изобретательности, находчивости требует само управление. И эта тенденция будет усиливаться и возрастать. Достаточно еще раз окинуть взглядом те задачи, над которыми работают специалисты по робототехнике, чтобы убедиться в этом; диалог с роботом ведь не за горами.

И как знать, не приведет ли этот диалог к той принципиальной новизне, которой отличаются настоящие открытия и изобретения? Не приведет ли решение чисто операторских задач, связанных с управлением, к творчеству в традиционном значении этого слова?

**Обезьянья лапа. О чем забыл Азимов.** Те, кому довелось побывать на выставке автоматических манипуляторов, действовавшей в 1981 г. на ВДНХ, помнят, наверное, работа ЛПИ-2, созданного в Ленинградском политехническом институте. Аналогичные его собратья демонстрировались и на выставке «Автоматизация-83», в которой участвовали предприятия и организации СССР, а также десятки зарубежных стран.

Вот одна из его рук идет к конвейеру, отыскивает патрон для лампочки, несет его к столу. Там, у стола, другая рука осторожно охватывает гофрированными резиновыми пальцами лампочку, ввинчивает ее в патрон, и лампочка загорается. Да, этот робот умеет и осязать, и видеть. Но этого мало:

он еще и понимает человеческую речь. Знает и различает он, правда, 24 слова, но из них вы можете скомбинировать для него 200 команд.

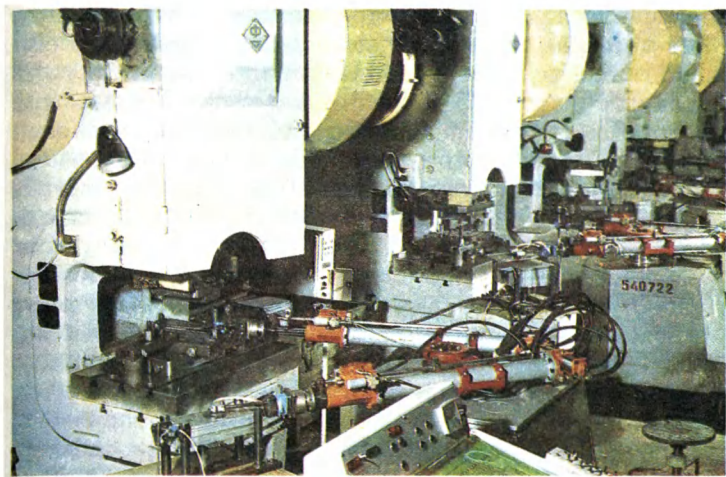
Этот робот в цехе пока не работает. На нем испытывают и отрабатывают разнообразные новинки, которыми обогащается нынешнее, второе поколение роботов (у первого не было электронного мозга) и которыми должно обладать следующее, третье поколение. Что же будет представлять собой это поколение?

В характеристике ЛПИ-2 есть слова «адаптивный» и «интегральный». Адаптивный — значит умеющий правильно реагировать на перемены в обстановке.

Зачатки адаптации мы видим уже сегодня у обычного робота второго поколения: сортируя, например, детали, одну он кладет на стеллаж, другую — на конвейер, третью — бракует. Адекватная реакция — первый признак интеллекта, но интеллект складывается не из одних реакций. Придет время, и от роботов потребуются умение распознавать не только те объекты, на которые их сейчас «натаскивают», но и любые незнакомые объекты. Распознать же незнакомое — это, во-первых, понять, что перед тобой действительно незнакомое, во-вторых, попытаться догадаться, что это может быть, а в-третьих, выработать по отношению к нему правильное поведение. Вот этому и начинают учить их — умению ориентироваться в сложной обстановке, классифицировать объекты, планировать свои действия и самообучаться в процессе работы. Так раскрывается и понятие «интегральный». Интегральным называют такого робота, который умеет не только действовать, но и рассуждать.

Лет двадцать назад отцов и теоретиков кибернетики Винера и Эшби охватили опасения. Представим себе, говорили они, что мы доверили плани-

Линия промышленных роботов на Ковровском механическом заводе.



рование кибернетическим машинам (а без них не обойдешься). Машины эти «самоорганизовались», т. е. в них развились черты организмов, в том числе и инстинкт самосохранения, и они начали планировать производство в своих собственных интересах, а не в интересах людей. Люди же этого не замечают, так как машины дают им ложную информацию. Утверждают, что мы всегда можем выключить машину, если почувствуем, что она делает не то и вот-вот причинит нам непоправимый вред. Но как мы это почувствуем?

Размышляя о взаимоотношениях человека с машиной, Винер вспомнил рассказ английского писателя Уильяма Джекобса «Обезьянья лапа» — вариант бродячей сказки о трех желаниях. Приехавший из Индии сержант рассказывает своему приятелю

лю, старому рабочему, о чудесах Востока и показывает ему амулет — высохшую обезьянью лапу. Амулет выполняет три желания своего владельца. Сержанту он радости не принес, и он хочет бросить лапу в камин, но хозяин дома выхватывает ее у гостя, и, несмотря на его предостережения, просит у лапы двести фунтов. Входит представитель фирмы, где работал сын хозяина: сын погиб на заводе, фирма выплачивает отцу двести фунтов. Отец в отчаянии, он просит лапу, чтоб сын вернулся. Дверь отворяется — входит призрак сына. Отец произносит последнее желание: пусть он исчезнет. Во всех этих случаях магические действия выполняются буквально. Мы должны, говорил Винер, просить именно то, что мы хотим, а не то, что мы думаем, что мы хотим. Можно ли, спрашивал он, доверять машине вообще? Винер пришел к заключению, что все-таки можно, если «мы точно сформулируем задачу и, потребовав от машины двести фунтов, не забудем о судьбе сына».

Но человек может ошибаться, он не всегда в состоянии точно сформулировать задачу. Не беда, говорит писатель-фантаст Айзек Азимов. От буквальной магии можно застраховаться, если, конструируя кибернетических роботов, люди заранее вложат в них законы поведения. Первый из них гласит: «Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред». Другие два развивают этот тезис: «Робот должен повиноваться командам, которые ему дает человек, кроме тех случаев, когда команды противоречат Первому закону» и «Робот должен заботиться о своей безопасности, поскольку это не противоречит Первому и Второму законам».

Решил ли Азимов проблему? Представим себе робота, в которого вложены три упомянутых закона. Если это робот, умеющий рассуждать, то не явится

ли ему в один прекрасный день мысль, что не худо бы получить от законодателей, которых, он, робот, не выбирал, доказательства справедливости этих законов? Доказательства он получит, но червь сомнения все равно будет грызть его. Законы создаются людьми, станет рассуждать он, а людям свойственно ошибаться. Недаром же у них существует такое понятие «ошибка». Да они и сами признают, что это им свойственно. А коли так, то, может быть, и законы, которым я повинуюсь, ошибочны. Рассуждая так и все более распаляясь, наш робот либо поддастся соблазну нарушить закон, либо обуздает себя ценой «нервного напряжения». Последнее тоже неутешительно; от напряжения часть его элементов может выйти из строя.

Не придется ли к трем азимовским законам добавить еще один? Например: «Робот не может сомневаться в Законах, которые вложены в него человеком». Но тогда, опутанный с ног до головы ограничениями (да, к тому же, лишенный каких бы то ни было мотивов и эмсций), будет ли он в состоянии решать с должной изобретательностью возложенные на него задачи? Изобретательность предполагает известную свободу выбора, она опирается на интуицию, она связана с определенным риском — ничего этого не будет знать наш робот, будь он хоть семи пядей во лбу, а коли так, то не останется ли он таким же тупым автоматом, какими являются сейчас роботы первого и второго поколения, — транспортным устройством, которое просто-напросто освобождает человека от тяжелой работы и привносит в производство ту гибкость и «перенастраиваемость», которой не хватало традиционной автоматике?

**Диалог — вот решение проблемы.** Ответ на эти вопросы мы находим у одного из ведущих специалистов по робототехнике, члена-корреспондента

АН СССР Е. П. Попова. Вот что он пишет о третьем поколении роботов: «Оснащенные развитой системой датчиков и устройств, которые позволяют воспринимать окружающую обстановку, они смогут строить ее достаточно полную модель в своем мозге — управляющей ЭВМ. А затем, сравнивая эту модель с поставленной задачей, вырабатывать решения о своих действиях, планировать их порядок, отдавать команды... органам манипулятора. Иными словами, роботы... будут обладать высокой автономией действий».

Высокая автономия необходима. Вспомним робота-лунохода: о нем мы говорили в начале книги, подчеркивая его тесную зависимость от оператора. Но и ему понадобились автономные системы, ибо сигнал к нему от оператора шел 2,6 с, и в это время он был предоставлен самому себе. А на дорогу к Марсу и обратно, до Земли, радиосигналу потребуется от 6 до 40 мин. Управлять марсоходом, как управляли луноходом, будет уже невозможно. Представьте себе, что вы наблюдаете на телеэкране за действиями марсохода и видите, что он вот-вот свалится с обрыва в пропасть. Вы бросаетесь к пульта, но марсоход уже несколько минут назад свалился с обрыва. Ясно, что его необходимо снабдить каким-то устройством, которое должно уметь оценивать обстановку и принимать решения, не дожидаясь команды с Земли.

Автономия нужна не только космическим роботам. Одна из главных задач робототехники состоит в повышении безопасности труда. Речь идет о том, чтобы исключить присутствие человека в сфере производств, связанных с радиацией, вредными испарениями, излишне высокими или низкими температурами и давлением. К ним в первую очередь относятся металлургические, литейные и гальванические цехи, предприятия атомной промышленности

и энергетики, шахты, карьеры, нефтепромыслы, участки подводных работ. Именно здесь потребуются роботы с высокой автономией действий.

Конечно, сделать это удастся не сразу: автономная система — вещь сложная и дорогая. Задача эта будет решаться постепенно, на первых порах — внедрением роботов с дистанционным управлением, но не тех, которые сейчас копируют действия оператора, находящегося в укрытии, и по сути дела являются продолжением его рук, а настоящих роботов, снабженных ЭВМ и набором соответствующих программ. Робот должен действовать сам, а оператор — включать по мере надобности ту или иную программу.

Оператор будет наблюдать за действиями робота на экране своего пульта, где эти действия будут отображены либо в наглядной, либо в условной форме. Главная обязанность оператора — вовремя послать команду роботу, чтобы его ЭВМ включила нужную программу. Если же возникнет ситуация, не предусмотренная ни в одной из программ и оператор увидит, что робот с задачей не справляется, тогда он перейдет на полуавтоматику и начнет управлять роботом через ЭВМ, отдавая команду за командой. В крайнем случае, при отказе ЭВМ и при полной несостоятельности интеллекта робота, оператор может применить и испытанный «копирующий» принцип, т. е. полностью перейти на ручное управление — точь-в-точь как летчик или космонавт при отказе автоматики.

Но самое совершенное управление роботом — диалоговое. Строится оно будет на активном взаимодействии оператора с автономным роботом. В процессе выполнения задачи умеющий рассуждать робот может предложить оператору свою оценку обстановки и свой план действий. Оператор, в свою очередь, может согласиться с этим планом, внести

В лаборатории роботов  
Ленинградского оптико-  
механического  
объединения  
им. В. И. Ленина.



в него поправки или отвергнуть его. Но на этом диалог не заканчивается: робот имеет право опротестовать полученную команду и начать доказывать оператору, что тот не прав и ему, роботу, виднее, что план, который ему предлагают, опасен для него или нерационален. «И тогда, — говорит Е. П. Попов, — в результате диалога «оператор — робот» вырабатывается более правильное решение. Словом, здесь возможны различные варианты «творческого» участия робота в общих действиях с человеком».

Добавим к этому, что и полностью автономный робот не обойдется без диалога с человеком, и полнота этой автономии будет весьма относительной. Ему может быть «виднее» одна сторона дела, человеку же — другая: ведь он будет выполнять не свою

собственную задачу, а ту, которую перед ним поставит человек. Иное дело — выработка программ для этой задачи. Роботы следующих поколений наверняка научатся этому.

Как лучше всего передавать информацию от «органов чувств» к ЭВМ и как распределять управляющие сигналы по приводам робота? Какой должна быть у него программа восприятия среды и планирования действий? Как лучше всего разговаривать с роботами и научить их самих взаимодействовать друг с другом? Вот о чем думают ученые. Но какую бы автономию ни приобрел робот, советоваться с человеком ему придется: во всякой АСУ окончательное решение принимает человек.

## Прообразы будущих АСУ

Несколько лет назад член-корреспондент АН СССР Б. В. Раушенбах размышлял на страницах журнала «Природа» о будущем космических исследований. Новые космические программы, писал он, будут все больше и больше ориентироваться на автоматику. Уже сегодня та часть работы, которую в космосе выполняют сотни автоматов, намного превышает работу космонавтов. Автоматы работают непрерывно в течение определенного времени, и их потом не обязательно спускать на Землю. Они летают по любым траекториям и где угодно, а орбитальная станция не может подняться выше нескольких сотен километров: слишком опасной станет для людей радиация. Вот два неоспоримых преимущества автоматов перед людьми.

Но и у людей, продолжает Б. В. Раушенбах, есть неоспоримые преимущества перед автоматами. «Прежде всего, человеку, в отличие от робота, свойственно желать, проявлять свою волю. Зачем аль-

пинисты, иногда рискуя жизнью, поднимаются на неприступные вершины? Для сбора разного рода научных сведений в любую точку земного шара в наши дни нетрудно доставить самый совершенный автомат. У людей есть потребность преодоления мыслимых трудностей, им свойственно то, что толкает Колумба открывать Америку, Гагарина — лететь в космос... Не следует на все смотреть с точки зрения какой-то непосредственной земной выгоды. Есть категории более высокого порядка.

Человек на борту космического аппарата имеет, бесспорно, многие возможности, недоступные самому совершенному автомату. Он может, например, в зависимости от хода эксперимента оперативно изменить его условия. Это очень важно, когда работа спланирована многовариантно, а именно так обычно и осуществляется наиболее ответственная часть отработки новой технологии или настройка новой аппаратуры. В процессе длительного эксплоатации тех или иных космических устройств почти неизбежно появляется необходимость ремонта или замены ряда агрегатов, приборов или деталей. Эти функции тоже под силу только космонавтам...

Наконец, человек в космосе способен обнаружить совершенно новые явления, о которых не подозревают ученые на Земле. Например, космонавт Г. М. Гречко, работая на борту «Салюта-6», обратил внимание на такие явления в атмосфере, о которых никто не догадывался. Он по собственной инициативе начал исследования этих явлений. Понятно, что подобная деятельность не под силу никакому автомату».

Явления, о которых упоминает Б. В. Раушенбах, называются «экваториальным кольцом». Г. Гречко и Ю. Романенко заметили на ночной стороне Земли необычное свечение. По яркости оно было сравнимо с Млечным Путем и иногда охватывало весь види-

мый с космической высоты горизонт. Первым сообщениям о свечении не поверили; слой ионосферы, в котором оно наблюдалось, был хорошо изучен, и никаких неожиданностей там не предвиделось. Пришлось экипажу «Салюта-6» доказывать свою правоту. Космонавты сфотографировали свечение и со своими гостями, А. Губаревым и В. Ремekom, отправили пленку на Землю.

На всех 15 кадрах была видна светлая полоса, расположенная на высоте 300—350 км. После этого «экваториальное кольцо» стало объектом специальных исследований.

Специалисты по космонавтике говорят, что «Салют-6» и «Салют-7», где предусмотрена и реализована возможность работы как в пилотируемом, так и в автоматическом режиме, — это прообразы космических станций будущего. К этому можно добавить, что «Салюты», на которых отработано и реализовано оптимальное распределение функций между человеком и автоматикой, — прообразы и многих земных АСУ будущего. Сегодня это идеальный вариант системы «человек — машина». Те, кому посчастливилось работать в этой системе, обогатили науку самыми разнообразными сведениями.

Можно не сомневаться, что операторов, которым придется работать в едином контуре с ЭВМ и роботами грядущих поколений, ожидает множество больших и малых открытий не только в космосе, но и в морских глубинах, в недрах Земли и просто на ее поверхности — в обыкновенном цехе обыкновенного завода. И можно не сомневаться, что среди них будут и открытия в области информационного взаимодействия человека и машины — области, которая будет год от году становиться все интереснее и многообразнее и к которой всегда будет приковано внимание и психологов, и инженеров, и наверняка самих операторов.



# Человек и автоматы

Борис Федорович  
Ломов

ДЛЯ СРЕДНЕГО И СТАРШЕГО  
ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Художник  
Б. А. Лавров

Заведующий редакцией  
В. Ю. Кирьянов

Редактор  
Н. Н. Габисония  
Младший редактор  
Т. В. Плотникова

Художественный  
редактор  
А. В. Проценко  
Технический редактор  
Т. Е. Морозова

Корректор  
В. С. Антонова

НБ № 594  
Сдано в набор 20.12.83.  
Подписано в печать  
09.04.84. А06483. Формат  
70×100/32. Бумага офсет-  
ная № 1. Усл. печ. л. 5,16.  
Уч.-изд. л. 5,60. Усл. кр-  
отт. 22,14. Тираж 110 000  
экз. Заказ № 83.  
Цена 35 коп.

Издательство «Педагогика» Академии педагогических наук СССР и Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, 107847, Лефортовский пер., 8.  
Ордена Трудового Красного Знамени Калининский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. г. Калинин, 170024 пр. Ленина, 5.

## Содержание

Введение

3

Профессия века

7

Цена ошибки

13

Аварии по сценарию

19

49 квадратов

31

Машина приказывает отдыхать

42

Магическая семерка

50

Алхимия перекодирования

61

Принцип активного оператора

74

Опережающее отражение

90

Оперативное мышление

100

Диалог с роботом

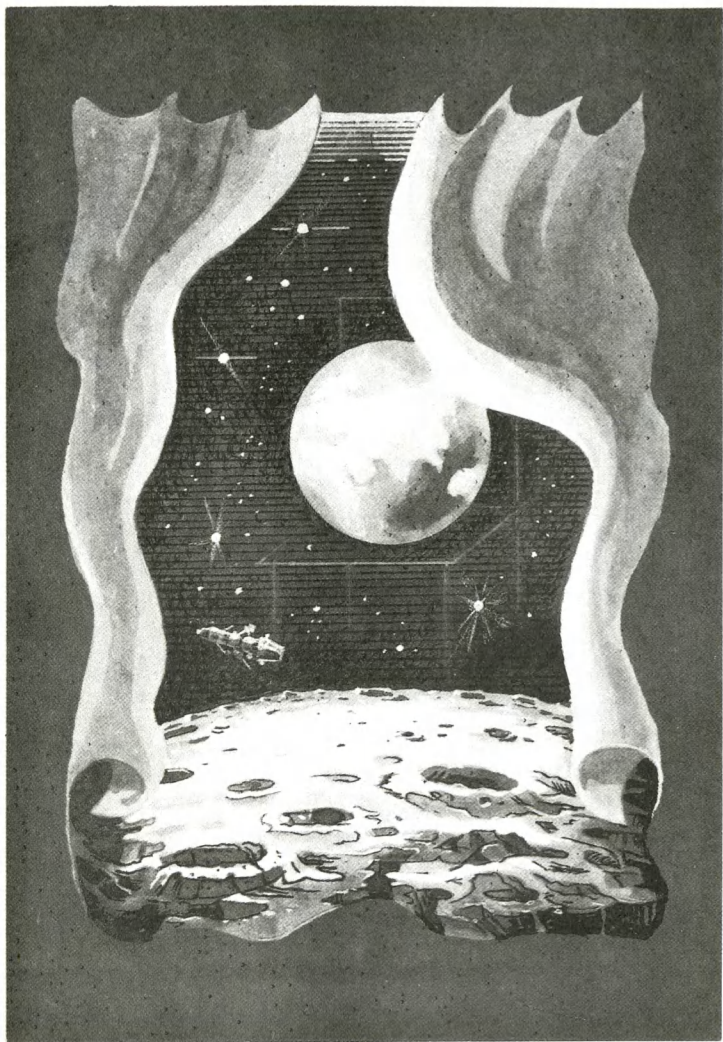
113

Прообразы будущих АСУ

125



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«ПЕДАГОГИКА»



Читайте  
следующую  
книгу  
библиотеки

«Ученые —  
школьнику»!

Пути эволюции человекообразных обезьян и проблема гомо сапиенс.



Древнейшие очаги культуры палеантропов в Африке, Европе и Азии.



Юг Сибири и советского Дальнего Востока освоен человеком 300—500 тыс. лет назад? Факты, гипотезы, открытия.



Сибирь в древнекаменном веке — «эскимосы» ледниковой эпохи.



Первые американцы, австралийцы, японцы — кто они?



Об этом и о многом другом вы сможете прочитать в книге академика А. П. Окладникова и кандидата исторических наук Е. А. Окладниковой «Заселение Земли человеком».



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«ПЕДАГОГИКА»