

БИБЛИОТЕКА «ЗНАНИЕ»

С. Иванов

Человек среди автоматов

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1982**

ББК 73
И 18

- И18** **Иванов С. М.** .
Человек среди автоматов.— 2-е изд., переработ.— М.: Знание, 1982.— 240 с., ил.— (Б-ка «Знание»).
- 1 руб. 100 000 экз.

Тема этой научно-художественной книги — взаимоотношения человека и техники в современном мире. В ней рассказывается о работах советских физиологов, гигиенистов, специалистов по технической эстетике, эргономике, инженерной психологии, изучающих способы оптимизации систем «человек — машина — среда» применительно к решению задач коммунистического строительства. Отдельные главы посвящены распределению функций между человеком и автоматом, настоящему и будущему роботов, проблеме «искусственного интеллекта».

Книга рассчитана на широкий круг читателей.

И 1504000000—070
073(02)—82 44—82

ББК 73
6

© Издательство «Знание», 1982 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Первое издание этой книги появилось в 1969 году и, несмотря на массовый тираж, разошлось с необыкновенной быстротой. Между тем в книге не содержалось и намека на какие-нибудь сенсации, которые время от времени занимают умы читающей публики, не было в ней ни захватывающего сюжета, ни острых коллизий — ничего того, что обычно предопределяет успех и исчезновение книги с прилавков.

Успех предопределила актуальность темы, глубина ее разработки и темпераментность изложения. Тогда, десять с лишним лет назад, делала первые свои шаги вычислительная техника третьего поколения — в экономике вступали в строй первые автоматизированные системы управления, столь привычные нам сегодня АСУ, и судьба человека, которому предстояло работать в этих АСУ, волновала всех. На сцену выдвигалась инженерная психология, молодая наука, приступившая к изучению нового вида взаимодействия между человеком и техникой — взаимодействия информационного. Всем видам этого взаимодействия, и традиционным и новым, всем способам оптимизации труда и была посвящена книга «Человек среди автоматов», в которой популярность сочеталась со знанием дела, а публицистичность — с широтой охвата проблем.

Именно это и вызвало тогда высокую оценку книги как со стороны массового читателя, так и со стороны специалистов, которые, по правде говоря, далеко не всегда приходят в восторг, когда их сферы берется освещать литератор. Однако все мы согласились тогда с мнением покойного академика В. В. Парина, который с высокой похвалой высказался о «Человеке среди автоматов» на страницах «Науки и жизни». Факт едва ли не беспрецедентный: популярная, художественная, в сущности, книга, написанная не специалистом, а писателем, вошла в перечни рекомендуемой литературы в последнем издании БСЭ сразу на два понятия: «автоматизация производства» и «инженерная психология».

И вот теперь читателю предлагается второе издание. Нужно ли оно? Не устарела ли книга? Да, нужно, и именно сейчас. Ведь автоматизация не только продолжается, но и с каждым годом поднимается все на новые

и новые ступени. «Продолжается» и инженерная психология и все сопрягающиеся с ней дисциплины — за минувшие годы они обогатились и новыми теоретическими концепциями, и огромным практическим опытом. И автор, который все эти годы следил за их развитием, об этих концепциях и опыте рассказывает в новом издании. Все, что действительно устарело, что уже отвергнуто жизнью, либо отвергнуто и автором, либо так и названо устаревшим (что тоже необходимо, ибо книга по-прежнему адресована массовому читателю, который не в состоянии уследить за бурным развитием науки и техники). То же, что появилось за это время нового, что даже иногда обозначалось не более как тенденция, — все это нашло себе место в новом издании, осмыслено всесторонне и преподнесено читателю в той же четкой и энергичной манере.

Особенно хочется мне обратить внимание читателя на те главы из третьей части книги, где С. Иванов рассказывает, как закладываются сегодня основы теории операторской деятельности и как на основе все более глубокого изучения человеческой психики в действии начинает воплощаться в жизнь выдвинутый советской инженерной психологией принцип активного оператора. Этот принцип — один из краеугольных камней той организации труда, которая должна обеспечить эффективность и надежность систем «человек — машина». Очень интересна также попытка автора представить себе взаимодействие человека с роботами — тема новая, своевременная и в высшей степени актуальная.

Именно внедрение промышленных роботов, этих автоматов нового типа, таит в себе, как сказано было на XXVI съезде КПСС, революционные возможности. Речь идет не только о повышении производительности труда, но и о коренном изменении его характера, о превращении его в тот творческий, содержательный и интересный труд, черты которого явственно проступают в работе человека, управляющего современной техникой, когда техника эта гуманизирована в самом широком значении этого слова, а человеку предоставляется возможность полностью выявить свою изобретательность, волю и ум.

Б. Ф. ЛОМОВ профессор, член-корреспондент АН СССР, директор Института психологии АН СССР, президент Общества психологов

Часть первая



СИРАНО ДЕ БЕРЖЕРАК И ПОЛКОВОЙ ПИСАРЬ

На самом берегу Невы, против Медного всадника, стоит старинный оранжевый дом, который построил себе любимец царя Петра князь Александр Меншиков. Дом этот, подобно многим своим соседям, принадлежал тогда, лет семнадцать назад, Ленинградскому университету, однако называли его не корпус такой-то и не такой-то факультет, а по старой памяти — Меншиковский дворец. В ректорате мне даже сказали так: «У Меншикова сейчас обедают. Они будут минут через сорок».

Они — это сотрудники первой в нашей стране лаборатории инженерной психологии, вернее, одной из ее групп, занимавшие две или три комнаты на втором этаже дворца, куда с ветхой галереи, выходявшей во двор, вела скрипучая деревянная лестница. Другую группу я разыскал в какой-то комнатухе на историческом факультете, остальные теснились в древнем домике, в глубине университетского двора.

Первое, что бросалось в глаза в каждой из комнат, отданных во владение лаборатории, было не приборы, хотя приборов было уже предостаточно, а приколотая кнопками к стене большая фотография, сделанная с од-

ного и того же рисунка, автором которого, как я потом узнал, был американский карикатурист Абнер Дин. Фотография висела и у Меншикова, и на истфаке, и в древнем домике. Года через два, когда не ремонтировавшийся лет сто дворец был обнесен лесами и поставлен на капитальную реставрацию (первый этап ее завершен, и теперь там постоянная экспозиция Эрмитажа), лаборатория перебралась в новое здание, на улицу Красную. Здание это тоже было дворцом, принадлежавшим когда-то графам Бобринским, но психологи там уже не ютились и не теснились, а расположились более или менее вольготно, по крайней мере поначалу. И прежде чем распаковать ящики с приборами, развязать связки папок и рулоны с графиками, они первым делом прикрепили к стене все ту же фотографию. Я сам видел ее, она только немного выцвела с «меншиковских» времен.

Абнер Дин нарисовал высокую комнату, состоящую как бы из одной свернутой в трубу стены. Пола не видно, потолка тоже, только одна закругленная стена, густо усеянная лампочками, шкалами, табло, рычагами, кнопками, штурвалами и экранами. Сверху свешивается канат, а к нему привязан за пояс долговязый человечек. Человечек улыбается, но улыбка у него вымученная. «Видали, в какой переплет я попал!» — вот о чем говорит эта улыбка.

К канату человечка прицепили, видно, недаром. Это единственная позиция, из которой он в состоянии дотянуться до всех этих кнопок и рычагов. И дотягиваться ему, по-видимому, приходится непрерывно: вот и сейчас он одной рукой нажимает кнопку, другой поворачивает рукоятку, а ногой умудряется крутить штурвал.

Кто же этот человечек, что за странное и малопривлекательное занятие у него? И почему его изображение заняло такое почетное место на стенах солидной лаборатории солидного университета? Уж не эмблема ли это новой науки? Но какая удивительная эмблема...

— Да, конечно, неофициальная эмблема, — подтвердил при первом же моем визите к Меншикову один из энтузиастов инженерной психологии. — Ведь тут изображен тот, ради кого мы и затеяли свои исследования. Но знаете ли вы, кто это? — собеседник мой был психолог-романтик, натура увлекающаяся и склонная к неожиданным сопоставлениям. — Это современный Сирано де Бержерак! Помните сцену у Нельской башни, когда Си-

рано пришлось выхватить шпагу. и обороняться против сотни головорезов? Нынешний Сирано тоже один против сотни — против сотни информационных сигналов. Да, он сражается не с убийцами, а с сигнальными лампочками и со стрелками приборов. Но это сражение, настоящее сражение. Разве эти стрелки не похожи на кинжалы? Вон одна из них качнулась вправо, сейчас она поразит героя в самое сердце. Надо парировать удар — нажать на верхнюю кнопку под шкалой. А вон подкрадывается сзади другая стрелка, она метит герою в спину. Надо остановить ее вот этой рукояткой, да не упустить из виду вон тот глазок — что-то он подмигивает больно зло-веще...

— Что ж, в общих чертах картина верная,—согласился другой мой собеседник. Это был психолог-классик, любивший каждую идею рассматривать со всех сторон и не расставаться с ней, пока она не будет исчерпана до конца.— Кое-чем этот человечек действительно напоминает Сирано. Но не всем! Чтобы разобраться в ситуации как следует, нам прежде всего нужен системный подход. Так вот, в системе «герой — головорезы» Сирано поработал всего один раз, да и создавалась эта система, если можно так выразиться, для одноразового функционирования. И он не только предвидел битву, но и сам ее спровоцировал. Человечек же этот работает в системе «герой — сигналы, на которые надо немедленно реагировать» всю жизнь. Это его профессия, его служба. Совсем другое состояние психики! Если уж сравнивать его с литературным персонажем, то я бы взял скромного писаря из «Подпоручика Кижера».

Собеседник мой достал с полки Тынянова и прочитал:

«Полковой писарь встал раньше времени, но испортил приказ и теперь делал другой список... Он знал, что если к шести часам приказ не поспеет, адъютант крикнет: «взять», и его возьмут. Поэтому рука не шла, он писал все медленнее и медленнее и вдруг брызнул большую, красивую, как фонтан, кляксу на приказ. Оставалось всего десять минут... Но так, уже в отчаянии... он вторично остолбенел. Другая, не менее важная бумага была написана тоже неправильно... И уж более не сознавая, что делает, писарь сел исправлять эту бумагу. Переписывая ее, он мгновенно позабыл о приказе, хотя тот был много спешнее».

— Мой коллега-романтик недоволен,— усмехнулся классик, поставив книгу на полку. — Я понимаю: стрелки-кинжалы, зловещие глазки... Так эффектнее. Но поверьте, моя аналогия ближе к истине. Не внешне, нет. Никаких бумаг человек наш не пишет, и нет над ним никаких адъютантов. Внешне он действительно больше похож на Сирано, чем на писаря. Но дело-то в его внутреннем состоянии. В битве у Нельской башни психологу делать нечего: там он помочь герою ничем не может, да и герой в его помощи не нуждается. Писарь же иное дело. Знаете ли вы, что описал Тынянов? Самый настоящий стресс — крайнюю форму психического напряжения. Когда у человека времени в обрез, а ему нужно быстро решить сложную задачу, строго координируя между собой все действия, и решить ее к тому же в условиях динамичности внешней ситуации, тогда с ним может приключиться стресс, нервно-эмоциональный срыв, и он либо начнет делать все как попало, либо, отчаявшись, и вовсе бросит работу...

Так кто же этот человек, сражающийся со стрелками и лампочками, кто этот современный полковой писарь или, если вам больше по душе сопоставление романтическое, кто этот новый Сирано де Бержерак?

Это — человек, работающий среди автоматов, или оператор, как принято его называть в инженерной психологии.

Кому не известно, как выглядит операторский пост управления? В большом светлом зале стоит длинный дугообразный стол с несколькими рядами переключателей и кнопок. Это пульт управления. Напротив стола, во всю стену,— щит с приборами, лампочками, мнемосхемами. За пультом сидит оператор и, поглядывая на дрожащие стрелки приборов и на мигающие лампочки, время от времени поворачивает переключатели и нажимает на кнопки.

Такие посты можно увидеть на любой электростанции, на химическом и металлургическом заводе, в диспетчерской железнодорожного узла и аэропорта, в центре управления космическими полетами, в лаборатории, где проводятся большие и сложные физические эксперименты. Кабина реактивного лайнера, штурманская рубка на корабле или кабина электровоза — все это тоже операторский пост.

Оператор на электростанции или на химическом за-

воде не видит машин, которыми управляет. Он видит одни приборы. Авиадиспетчер видит не самолеты, которым отдает приказания, а их условные изображения на экране локатора. Ближе всего к машине пилот, рулевой и машинист. Но дело не только и не столько в дистанции, отделяющей человека от машины,— один ощущает ее присутствие физически, другой находится от нее за десятки километров,— дело в характере работы. Оператор называется оператором потому, что основное его занятие — переработка оперативной информации. Лет тридцать назад операторы были редкостью, а теперь это главная профессия века. Операторов десятки, нет, сотни тысяч. Они работают всюду — на суше и на море, в воздухе и под водой.

Но при чем тут страдания полкового писаря и стремительные удары Сирано де Бержерака? Что особенного в операторском труде? Неужели так трудно наблюдать за приборами и нажимать на кнопки и рычажки?

Давайте совершим маленькое путешествие, ну хотя бы на металлургический завод, в цех блюминга.

СОРОК ТЫСЯЧ УДАРОВ

Блюминг — это горловина, через которую стремительно течет огненная река металла. Мартены выплавляют сталь, и сталь эту, чтобы она превратилась в листы, трубы, рельсы и балки, нужно прокатать на прокатном стане. Но сразу прокатать слиток, вышедший из мартена, невозможно, его надо сначала как следует обжать. И все слитки, прежде чем попасть на прокатку, проходят через обжимной стан — блюминг.

Это даже не машина, это целая шеренга машин, механизмов, моторов, целый завод длиной в полкилометра. Многотонный слиток с грохотом влетает в рабочую клеть. Слиток пышет жаром и брызжет окалиной. Валки втягивают его в окошко — калибр, и с противоположной стороны клетки показывается удлинненный 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 по рольгангам вдаль. И снова жар, грохот — прибыл новый слиток.

Поднимаемся по лесенке на помост, сооруженный около рабочей клетки, и заглянем в кабину, защищенную от окалины и жара сеткой и стеклом. Что за немыслимое зрелище! Уж не два ли тут пианиста-виртуоза играют что есть мочи какую-нибудь там «Наварру»? Нет, то два виртуоза-оператора исполняют в четыре руки и четыре ноги — на рукоятках и педалях — сочинение конструктора по металлургическому оборудованию. Сочинение называется «Управление двигателями блюминга». (Примечание для исполнителей: «Играть в самом быстром темпе».)

Быстрее, кажется, невозможно — сорок тысяч движений руками и ногами за смену. Где уж де Бержеру ку тягаться с оператором. Сорок тысяч ударов за одно сражение. А в месяц! А в год! Каждое отклонение стрелки на приборе — сигнал о том, что в процессе что-то изменилось: надо действовать, действовать молниеносно. Замешкайся оператор на секунду — сломается шестнадцатитонный валок и блюминг станет на ремонт. Оператор знает это («Он знал, что если к шести часам приказ не поспеет...»), волнуется и в конце концов ошибается («и вдруг брызнул большую, красивую, как фонтан, кляксу...»). Он же не машина!

Но разве нельзя заменить его машиной? Пусть машина сражается со стрелками, пусть она молниеносно воспринимает все сигналы об отклонениях и так же молниеносно отдает двигателям распоряжения. Вон автоматы летают на Луну, берут там грунт и возвращаются с ним обратно. Неужели управлять блюмингом труднее?

Научили машину управлять блюмингом. Но в машинной программе 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 не устает, но нервы его по-прежнему напряжены.

С этим помощником стоит познакомиться поближе. Только сделать это, пожалуй, лучше не на металлургическом заводе, а на химическом: там уже все давно отлажено, все устоялось — автоматизировать химический процесс легче, чем металлургический.

Мы с вами на Воскресенском химическом комбина-

те, под Москвой, в цехе обжига серного колчедана. Производство вредное, в цехе люди стараются бывать пореже, а если и бывают, то в непроницаемых доспехах. И лишь один человек не покидает своего рабочего места всю смену. Это оператор, управляющий обжигом с помощью системы «Пуск».

«Пуск» — это целый комплекс пневматических и электронных приборов, которые контролируют обжиг в ста двадцати 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. Созданием таких систем занимается Центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации — ЦНИИКА.

Пока блок управления вычисляет и отдает команды механизмам, на пульте оператора горит лампочка. Ликвидировано нарушение — лампочка гаснет. Не гаснет — значит, «Пуск» не справляется с задачей. Вот тут-то оператор и вступает в игру.

Обжиг — процесс нехитрый, отклоняется в нем что-нибудь от программы сравнительно редко. А если и отклоняется, «Пуск» почти всегда вводит процесс в заданные рамки. Оператор управляет обжигом непосредственно в общей сложности минут сорок пять за смену, а остальное время сидит сложа руки и ждет.

Так работают многие операторы — ждут. Ждут за пультами энергосистем, радаров, диспетчерских щитов... Вот еще картинка — со знаменитого ВАЗа. Из жерла электропечи выскальзывают раскаленные докрасна прутья, мчатся по желобу и, наматываясь на крутящийся вал, свиваются в пружину — переднюю подвеску автомобиля. У желоба сидит рабочий и со скучающим видом наблюдает за вращающимся валом. Это и есть оператор. Считается, что он управляет печью. На самом деле он ничем не управляет — все делает автоматика. Но сидеть ему положено: а вдруг автоматика откажет. Тогда он должен мгновенно сообразить, что следует предпринять. Но как сообразишь, если ты уже

одурел от мелькания вишнево-огненных полос и не знаешь, спишь ты или бодрствуешь?

Бездеятельное ожидание бывает иногда 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. Так усталый часовой принимает каждый шорох листьев или скрип ветки за подкрадывающегося врага. 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 пала огромная 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.

Энергосистема продолжала работать. А оператор был немедленно отправлен в санаторий — «вводить в нормальный режим» нервную систему.

Но вот случай совершенно противоположный, по крайней мере внешне. Дежурный оператор электростанции, человек опытный и дисциплинированный, услышал после долгого молчания приборов аварийную сирену и, вместо того чтобы повернуть рычажок, о существовании и назначении которого он прекрасно знал, взял и покинул свой пост и медленно побрел по коридору, обводя встречных отсутствующим взглядом. Слишком резок оказался сигнал, вызвавший в напряженном мозгу торможение; оператор впал в транс, остолбенел — точь-в-точь как тыняновский писарь, мгновенно позабывший о приказе, «хотя тот был много спешнее». Нет, недаром сравнивал оператора с этим

писарем психолог-классик... Читатель, кстати, может найти это сравнение и в специальной литературе, например в предисловии Д. Ю. Панова и В. П. Зинченко к сборнику «Инженерная психология» (М., Прогресс, 1964).

Однако читателю, надо полагать, уже прискучили литературные ассоциации, на языке у него давно уже вертится вопрос: но почему же, черт побери, нельзя заменить оператора машиной в полном смысле слова? Неужели машина не может в случае чего ввести в нормальный режим эти генераторы сама? Неужели она не в состоянии сообразить, что надо делать, чтобы обжиг колчедана не выбивался из технологического режима? Где же эта волшебница-автоматизация, о которой столько трубили во всем мире лет двадцать назад? В самом деле: где эти знаменитые кибернетические машины, которыми мои друзья-популяризаторы, да и не только они, собирались наводнить мир и «заменить человека» на всех участках бытия?

Сверстники мои хорошо помнят карикатуру, которая в те уже далекие годы кочевала из одного журнала в другой. На карикатуре был изображен цех американского автомобильного завода. Уходящие вдаль ряды станков-автоматов. На переднем плане — директор завода и руководитель профсоюза.

— Интересно, как вы заставите этих парней платить профсоюзные взносы? — спрашивает директор, показывая на станки.

— А интересно, как вы заставите этих парней покупать ваши автомобили? — парирует руководитель профсоюза.

Специалисты вторят юмористам. Английский кибернетик Стаффорд Бир пишет: «Необходимость непрерывного наблюдения за автоматами со стороны человека — это нелепость современного этапа развития техники, нелепость, от которой кибернетика, надо надеяться, со временем избавит промышленность». Что же будет потом? Безработица фантастического масштаба. «По сравнению с этой безработицей, — предсказывает сам отец кибернетики Норберт Винер, — кризис 1929 г. покажется милой шуткой».

ВСЕ УШЛИ НА ТВОРЧЕСКУЮ РАБОТУ

От юмористов и специалистов не отстают и футурологи-социологи. Общество будущего расколелось надвое. На одном полюсе — избранные. Это высший административный персонал. Это конструкторы, изобретающие все новые машины, да горстка программистов. На другом полюсе — все остальные. Остальные влачат жалкое существование. Конечно, пособие по безработице увеличено до таких размеров, чтобы можно было покупать и автомобили, но безработица есть безработица: праздничный человек не находит себе места в жизни, его способности чахнут, он деградирует морально и физически.

Все это происходит, разумеется, в мире частной собственности. А что же ожидает наше общество, где давно нет ни частной собственности, ни безработицы, где экономика развивается по плану и где человека никогда бездела не оставят? Ведь у нас тоже идет автоматизация и не может не идти, ибо это основной источник роста производительности труда. Ну что ж, говорят нам, пусть себе идет. Поставят автоматы в одном цехе, а рабочие перейдут в новый цех, который к тому времени вырастет рядом с прежним. Ну хорошо, а дальше? И дальше будет так, ведь у нас производство расширяется. Но не может производство расширяться до бесконечности: одним отраслям надо расширяться, а другим вовсе не обязательно. Им надо просто совершенствоваться. Куда же мы все-таки денем людей, если поставим в цехах одни автоматы? Что же, все они должны менять профессию? Переучиваться на строителей, на водителей? Это же не по-хозяйски и не по-человечески.

Зачем на строителей и водителей? Это слишком прозаически. «Уже можно предвидеть то время, — читаем мы в одной из самых популярных книг по кибернетике тех лет, — когда вся промышленная продукция будет производиться в автоматизированных шахтах, на заводах-автоматах, а человек — создатель и хозяин автоматических машин — будет лишь творчески работать над созданием новых агрегатов и заводов».

Представляете себе эту картину? Десять заводов заняты производством тракторов. И вот на этих заводах все звенья производственного цикла оснащаются автоматами. Автоматы объединяются в системы, управ-

ление системами берут на себя «умные машины» (вот любимое выражение тех лет!), заводы запираются на замок (было и такое выражение в ходу: «заводы на замке»), и люди отправляются «творчески работать». Отправляются токари, фрезеровщики, литейщики, кузнецы, слесари, грузчики, электрики. Отправляются плановики, экономисты, бухгалтеры, снабженцы, вахтеры, пожарные, машинистки. И так во всех отраслях: в машиностроении, металлургии, в угольной и нефтяной промышленности, в химической, легкой, пищевой, в сельском хозяйстве. Миллионы людей начинают изобретать, конструировать. Сидел себе бухгалтер, крутил свой арифмометр, протирал локти, а тут ему говорят: твори, выдумывай, пробуй! Получится ли это у него, захочет ли он «творчески работать»? Да как же не захочет? Ведь творчество — это так увлекательно...

Вы улыбаетесь, дорогой читатель? Вы не верите? Возьмите подшивки журналов конца 50-х — начала 60-х годов, полистайте тогдашние книги об «умных машинах», и вы убедитесь, что автор ничего не присочинил и не сгустил никаких красок. Но откуда взялось это парение в небесах и пренебрежение здравым смыслом? Ведь не требовалось особых усилий, чтобы понять всю нелепость и фантастичность поголовного перехода на «создание новых агрегатов».

С другой стороны, разве нелепой была сама идея автоматизации в больших масштабах, включая и строительство заводов-автоматов? Разве не заманчиво сделать всякий труд творческим? Иное дело, что и как автоматизировать, что подразумевать под автоматизацией и под творческим трудом.

Нет, какими бы наивными ни казались сегодня рассуждения моих друзей-популяризаторов и тех специалистов, чьими идеями они питались, по зрелом размышлении я не нахожу в себе сил упрекнуть их в «отрыве от действительности». Их наивные мечтания и поспешные прогнозы имели под собой немало серьезных причин.

Прежде всего было вполне разумное и благородное стремление заменить человека машиной везде, где работа была для него непосильной.

Недавно исполнилось семьдесят лет со дня пуска первого конвейера на сборке автомобилей. Юбилей особенно не отмечали: зрелище ползущей ленты и лю-

дей, которые лихорадочно поспевают за ней, не может вызвать никакого энтузиазма. Кинозрители 20-х и 30-х годов не забыли еще беднягу Чарли из кинофильма «Новые времена», который выходил пошатываясь из того самого первого конвейерного цеха и, остановившись поболтать с приятелем, откручивал ему машинально все пуговицы. Рука, всю смену сжимавшая гаечный ключ, никак не могла остановиться. Чарли пребывал в глубокой эйфории.

С точки зрения создателей конвейера и первых его теоретиков, которые усматривали в рабочем «продолжение машины», изобретение это было чудом техники. Движение изделия совмещено со сборкой. Сборка расчленена на элементарные операции. Каждую выполняет один человек. Научиться работать на конвейере проще простого: знай себе закручивай одну и ту же гайку. Но эта простота оказалась страшнее любой сложности. Она вступила в непримиримое противоречие с человеческой природой и сделала работу у конвейера невыносимой. Однообразие, простота, автоматизм — все это полезно только машине. Недаром опытный механик с удовлетворением прислушивается к ритмичной монотонности своих машин и, если вдруг уловит, что они сбиваются с такта, бьет тревогу. Человек же не выносит монотонности, она усыпляет его. Специалисты по физиологии и гигиене труда не раз наблюдали, как рабочие у конвейера без всякой надобности начинали вдруг замерять детали и перекладывать с места на место инструменты. Это было инстинктивное стремление прогнать сонливость. На галантерейной фабрике в Париже целому цеху был поставлен диагноз: неврастения. Молодые работницы боролись со сном, делали ошибку за ошибкой, раздражались и в конце концов стали раздражительными сверх всякой меры. Сонливость быстро переходила в свою противоположность — в излишнее возбуждение, и эти эмоциональные качели расшатывали нервную систему.

Конвейеров, больших и малых, во всем мире десятки тысяч, и везде людям тяжело. Как бы хорошо автоматизировать конвейерную сборку! Конечно, ручной труд тяжел не только там: несладко приходится грузчикам, уборщицам, дорожным рабочим. Но утомление у них чисто физическое, а переутомление бывает нечасто. Норму, правда, выполнять надо, но зато человек

сам себе хозяин в самом главном: не машина задает ему ритм, а он сам себе его задает. Слов нет, его труд нуждается в максимальной механизации. Но заменять его автоматом совсем не обязательно. Автоматы в первую голову требуются там, где человек вынужден работать, как автомат, где он действительно не что иное, как продолжение машины, будь то поточная линия сборки или металлургический агрегат, который, конечно, обжимает и прокатывает слитки сам, но захлестывает человека немыслимым потоком сигналов, вынуждая его на каждый из них реагировать.

И еще они нужны там, где требуется резко увеличить выпуск продукции. И неспециалисту ясно, что станок-автомат во сто крат производительнее любого ручного механизма. Истина эта открылась инженерам еще в прошлом веке, задолго до того, как появились конвейеры и операторские посты.

Двадцатый же век открыл еще несколько истин. Автоматизация — это путь к созданию новых материалов. В химических и физических лабораториях получены и исследованы десятки сверхактивных катализаторов, достигнуты сверхдавления и сверхтемпературы, сконструированы генераторы сверхмощных излучений. Все это «сверхоружие» технологи с удовольствием пустили бы в ход, так как оно служит могучим ускорителем, а иногда и единственным условием многих производственных процессов. Но нельзя человеку соприкасаться с агрессивной средой, нельзя даже близко подходить к зоне излучений. Тут выход один — автоматизация, да еще многоступенчатая, чтобы процессом можно было управлять с приличного расстояния. Множество изобретений не выходит пока за пределы лабораторий, ожидая автоматизации, которая вывела бы их в промышленность. А ядерные электростанции без автоматизации они так бы и остались в чертежах и формулах. А космос! Да разве человек мог бы вырваться за пределы земного притяжения, не имея он в своем распоряжении разнообразной автоматизации. Мы уже не говорим об исследованиях Венеры, Марса, Юпитера: сведения о них передают нам пока только автоматы.

Если человеку тяжело или он вообще не в состоянии справиться с какой-нибудь задачей, если автоматика умножает выпуск продукции или расширяет границы наших знаний, — тут двух мнений быть не может:

процесс необходимо автоматизировать и как можно скорее. И таких процессов, таких задач к середине нашего столетия накопилось великое множество. Автоматизация стала главным направлением инженерной мысли.

СТАНКИ ВЫСТРАИВАЮТСЯ В ЛИНИЮ

Бывали, правда, случаи, когда необходимость в автоматизации осознавалась не сразу, когда на первом плане стояли другие заботы, и лишь после того, как инженеры избавлялись от этих забот, становилось ясно: без автоматики никак не обойтись.

Году в шестидесятом на Московском трубном заводе впервые испробовали сварку токами высокой частоты. Это был лучший способ для изготовления тонкостенных труб из нержавеющей стали. Труб этих требовалось много: их ждали новые химические и пищевые заводы. И этот трубосварочный стан был пущен, трубы пошли потоком, и все были довольны: и те, кто их делал, и те, для кого они предназначались.

Но прошло немного времени, и восторги поутихли. Потребители попросили увеличить производство труб. Сварщики пообещали: они уже знали, что скорость сварки можно увеличить вдвое, даже втрое. Но скоро сказка сказывается, да не скоро дело делается. Кажется, нет машины проще трубосварочного стана. Автопогрузчики привозят рулоны стальной ленты. Механизаторы разматывают их и подают на валки. Валки скручивают ленту в трубу, труба ползет к сварочному аппарату, тот накаляет кромки ленты, и они привариваются одна к другой. Все просто, если не считать, что толщина ленты колеблется, а от этого получается то непровар, то пережог, а значит, и хрупкий шов. Бракованных труб заказчикам, конечно, не посылали, но брак, даже не вышедший за ворота завода, все равно убыток. Как же приноровиться к колебаниям толщины? Да тоже просто — сделать режим гибким, менять силу тока в зависимости от толщины. И вот за станом поставили человека, который регулировал силу тока. Но несколько метров бракованной трубы все-таки успевало выйти из стана. Да и нелегко было человеку контролировать на глазок качество шва и непрерывно крутить рукоятку регулятора. И что обиднее всего: нельзя использовать самое основное преимущество высокочас-

тотной сварки — скорость. Она даже уменьшилась, потому что ее пришлось подладить к скорости ручного контроля.

А химики требуют труб и труб. Что делать? Только одно — заменить ручной контроль автоматическим.

Любая автоматическая система должна иметь бесперебойную информацию о ходе процесса, которым она управляет. Информацию, как мы уже знаем, собирают датчики. Сравнивая показания датчиков с программой, управляющее устройство посылает команды рабочим механизмам.

Программа — это инструкция, предписывающая машине образ действий. Откуда человек, составляющий программу, знает, что должна и чего не должна делать машина? Хорошо, если это какой-нибудь токарный станок. Программу для него можно составить на основе тех операций, которые выполняет токарь высшего разряда. А что делать с трубосварочным станом? Не копировать же действия контролера, который стоит и крутит рукоятку. Весь смысл автоматизации в том, чтобы установить совсем другой контроль — не после того, как часть трубы выйдет из стана, а до того: из стана не должно выходить ни одного дюйма бракованной трубы.

Условия всякого технологического режима меняются беспрестанно: колеблется толщина материала, колеблется напряжение в сети, колеблется температура. Чаще всего такие колебания ничтожны, но, накладываясь друг на друга, они быстро уводят систему контроля за рамки предписанных параметров. А раз так, системе нужна не жесткая стратегия, а гибкая, не строгая программа, а приблизительная. Система должна руководствоваться только одним критерием — критерием оптимальности.

Выбор критерия и предшествует созданию любой автоматической системы. Обычно им бывает максимальное или минимальное значение какого-нибудь важного для предприятия показателя. Система, например, должна обеспечить максимальную производительность или минимальную себестоимость продукции. Добиваясь этого максимума или минимума, система следит за тем, чтобы остальные показатели не выходили из своих границ. Ради одного приходится иногда жертвовать другим: ради максимальной производительности — качест

вом или, наоборот, ради качества — производительностью. Ничего не поделаешь: двух критериев оптимальности сразу не бывает.

На трубном заводе критерий выбрали сразу — качество сварного шва. Как же его контролировать? Поставить датчики с фотоэлементами еще до того, как стальная лента приблизится к валкам. Датчики будут сигнализировать обо всех колебаниях в толщине ленты вычислительному устройству, а устройство — посылать команды регулятору силы тока. Так режим будет все время подстраиваться к новым условиям.

Вспоминая историю с трубосварочным станом, специалисты по автоматике улыбаются: детская забава! Переменных — раз-два и обчелся; для сварки имели значение лишь колебания в толщине полосы. А вы попробуйте-ка создать систему, оптимизирующую режим при двадцати переменных! Невероятно? Но такие системы стали появляться уже в 60-х годах...

Обыкновенные же автоматы пришли в промышленность чуть ли не в начале века. Никаких программ для них не требовалось, потому что выполняли они простейшие операции. Если один такой автомат и «высвобождал» десяток рабочих, то ему самому требовались два-три наладчика или слесаря, следивших за тем, чтобы он исправно работал, да целая бригада подсобных рабочих, в обязанности которых входило подвозить заготовки, увозить готовые детали, убирать горы отходов. Обсуждать в эту эпоху какие-нибудь социальные или психологические аспекты автоматизации было нечего: их не существовало. Аспекты стали пробиваться на свет лишь тогда, когда станки объединились в автоматические линии.

Зачем нужны эти линии? Не всякую деталь можно сделать сразу на одном станке. Чтобы изготовить шестеренку, нужно взять заготовку и просверлить в ней отверстие. Сделать это можно только на сверлильном станке. Потом на заготовке надо нарезать зубья. Для этого существует фрезерный станок. Зубья надо обточить и отшлифовать, делают это на токарном и на шлифовальном станке. Вот все эти станки и ставят в линию, соединив их транспортными устройствами. Кроме станков и транспортера, в линию входят механизмы, которые подают заготовки к станкам, и бункеры, в которых заготовки ожидают своей очереди. Связать все

станки в линию нелегко. Самая главная трудность в том, чтобы согласовать во времени различные операции: токарная обработка занимает, положим, три минуты, фрезерная — пять, а шлифование — одну. Для того и бункеры.

Было бы места вдоволь, можно было бы обойтись и без линий: строй цех за цехом и ставь там станок за станком. Но и места для цехов не хватает, и столько квалифицированных рабочих не найдешь. Так что автоматические линии, как выяснилось в конце концов, пришли не на смену людям, а на помощь.

Это в металлообработке. А в других отраслях без автоматических линий была бы просто катастрофа. Попробуй-ка накормить большой город, упразднив в пекарнях да на консервных, молочных и мясных заводах эти линии. Придется тогда построить еще десятки таких заводов и фабрик и отправить работать туда все население города. Без автоматических линий многие отрасли промышленности просто не могут обойтись.

Главное достоинство автоматической линии — высокая производительность. Но есть у нее и недостатки. Линия предназначена для обработки одной какой-нибудь детали. Если заводу требуется перейти на выпуск машин другого вида, перед инженерами возникает сложная задача — перестроить линию. Решать такие задачи было очень трудно, пока не научились строить линии из унифицированных узлов. Переставил узлы в станке, заменил одни другими, и линия начала выпускать новые детали. Но у всего есть предел. Линия, построенная для шестерен, болты не сделает никогда, линию, изготавливающую сосиски, на макароны не переналадишь. Ничего! Научимся и переналаживать. Вчера вон и линий не было, и электроники не было, и кибернетических машин, а сегодня вон какие чудеса уже творит автоматика!

Автоматика между тем действительно начинала творить чудеса, и как тут было не размечтаться о «заводах на замке» и о всеобщей творческой работе...

СКАНДАЛ НА ВСЕМИРНОЙ ВЫСТАВКЕ

Первая «большая» ЭВМ по имени ЭНИАК (год рождения 1946-й) была сделана для узкоспециализированных расчетов. Однако, как это часто случается с изо-

бретениями подобного типа, выяснилось, что она пригодна для решения довольно разнообразных задач. И все почувствовали, что в этих машинах кроются неисчерпаемые возможности. Все задачи, какие есть, «пошли в машину». Кибернетики выдвинули лозунг: «Что бы еще такое запрограммировать?»

На первых порах мало кто заметил, что многие программы для ЭВМ, демонстрировавшие мощь «искусственного интеллекта», оставались всего-навсего программами. Одно понятие незаметно подменялось другим, и, говоря о возможностях машин, кибернетики, по сути дела, имели в виду возможности программ. Но сделать машину казалось делом нехитрым. Принцип был известен, первые образцы работали, один смелый проект приходил на смену другому. Среди них был и проект всеобщей автоматизации. ЭВМ — вот то звено, которого не доставало, чтобы объединить все станки-автоматы, все регуляторы и датчики в подлинно автоматические системы. Автоматической линией будет управлять ЭВМ. Заавтоматизировать — ЭВМ. Всей экономикой — ЭВМ!

Когда все, что можно было запрограммировать, запрограммировали, среди тех кибернетиков, которые спустились с неба на землю, получил распространение следующий еретический анекдот. На совете одной фирмы рассматривали проект управляющей машины. Автор машины заявил, что вообще-то он доволен своим детищем, но машине недостает устройства, которое обеспечило бы ей надежную работу и помогло бы выпутываться из непредвиденных ситуаций. Не знает ли кто-нибудь, каким должно быть это устройство? Наступило молчание. Потом один молодой инженер сказал, что у него есть кое-какие соображения насчет устройства.

- Вес конструкции? — спросил автор проекта.
- Килограммов восемьдесят.
- Гм... Неплохо. А потребляемая мощность?
- Ватт шестьсот.
- Превосходно! А время отладки?
- Полгода.
- Что это за чудо?
- Человек, сэр!

В этом анекдоте содержался намек сразу на две проблемы. Первая крылась в словах «непредвиденные

ситуации». О ней мы впоследствии поговорим обстоятельно. Вторая — это проблема надежности, которую довольно долго называли проблемой номер один современной техники. Все, кто имел дело с первыми ЭВМ, быстро поняли разницу между журавлем в небе и синицей в руках. Вот что рассказывала о капризах ЭНИАКа математик Герда Эванс:

«Никогда в жизни мне не приходилось есть и спать так, как в течение тех месяцев, когда мы по двадцать четыре часа просиживали у машины, сменяя друг друга. ЭНИАК, на котором мы работали, оказался довольно деликатной, и, я бы сказала, капризной машиной. То и дело выходили из строя какие-нибудь лампы или контуры, и нам приходилось сидеть сложа руки. Однажды гроза вывела из строя механизм. Все мы сидели по своим комнатам, прилипнув к телефонам и ожидая, пока ремонтная группа не разрешит нам продолжить работу. Несколько раз нам звонили и сообщали, что через десять минут все будет в порядке. Но когда мы бросались к своим рабочим местам, выяснялось, что разрешение было преждевременным».

Но что вспоминать капризы ЭНИАКа, которого давно нет и в помине! Все роды проходят в муках. Пропустим раннее детство ЭВМ и вспомним, например, скандал, который разразился на Всемирной выставке в Брюсселе, когда машине поручили распределить места в гостиницах, а она все напутала и заставила пятьдесят тысяч гостей всю ночь стучаться не в свои двери. Это год 1958-й. А вот и 1968-й. Директор автомобильного завода рассказывает журналистам о новой управляющей ЭВМ, которая и планирует, и проектирует, и ведает учетом — вон уже чему научили машину! Лучше, впрочем, сказать «программу», ибо в то самое время, когда директор дает интервью, ремонтная бригада, разобрав машину на кусочки, ищет и никак не может найти поврежденный элемент. А вот и автоматическая станция из-за ошибки в вычислениях, которыми занимается уже отдаленный потомок ЭНИАКа, отклоняется от Марса на целых 300 тысяч километров... Проблема надежности не желает покидать повестку дня.

Что же такое надежность? Это способность системы выполнять, что ей положено в течение заданного срока. Сроки могут быть разные. От автоматов, выводящих на орбиту спутник, требуется, чтобы они про-

служили всего несколько минут, а от самого спутника — несколько месяцев. Аппаратура на усилительных пунктах подводных кабелей должна служить десять лет. У надежности нет разновидностей, а у ненадежности две: либо система выходит из строя, либо начинает делать не то, что от нее хотят.

ЭНИАК — типичная ЭВМ первого поколения. У каждой такой машины было десять тысяч ламп, потреблявших двадцать киловатт электроэнергии. Киловатты превращались в килокалории: ЭНИАК нагревался как печка. К нему пристраивали мощную холодильную установку, потреблявшую еще тридцать киловатт. Из десяти тысяч ламп одна перегорала каждые шесть минут, причем лампы норовили перегорать в момент включения питания. Поэтому выгоднее было держать машину под напряжением круглые сутки — совсем не выключать. Места она занимала столько же, сколько целый цех. Конечно, это было чудо: машина работала в десять тысяч раз быстрее, чем человек, вооруженный арифмометром. Но чудеса тускнеют быстро. От конструкторов потребовали увеличить скорость и объем памяти ЭВМ раз в десять. Если бы такая ЭВМ была построена на лампах, она выросла бы в небоскреб, питать ее должна была бы солидная гидростанция, а охлаждать — Ниагарский водопад. У нее было бы сто тысяч ламп, и одна из них перегорала бы каждую минуту. Все время уходило бы не на работу, а на поиски перегоревшего элемента.

Нужно было отказаться от ламп и от столь же ненадежных электроннолучевых трубок, служивших элементами памяти. Замена была найдена: вместо ламп появились транзисторы, а вместо трубок — ферритовые сердечники. Родилось второе поколение ЭВМ. Машина занимала в сто раз меньше места: ей требовался не огромный зал, а комната. И в сто раз меньше энергии: не пятьдесят киловатт, а пятьсот ватт. Скорость вычисления возросла не в десять раз, а в тысячу, объем памяти тоже. А надежность? Считайте сами: не шесть минут бесперебойной работы, а шесть дней.

Казалось бы, лучше и не надо. Надо. Ферритовый сердечник — штука надежная, но дорогая: автоматизация его изготовления не поддается. Добавить один сердечник к машине, чтобы увеличить емкость ее памяти, можно тоже только вручную. Дороги детали — дорога

и машина. А машин требуется все больше и больше. Скорости от них ждут тоже большей: уже миллиона операций в секунду мало. И запоминающие устройства начинают делать не на сердечниках, а на магнитных пленках.

На стеклянную подложку напыляют тончайший слой никель-кобальтового сплава. Сверху накладывают слой изолятора — окиси кремния. Все это покрывают маской-трафаретом с параллельными прорезями и через них наносят ряд полосок из металла, не окисляющегося и хорошо проводящего ток, например из золота или серебра. Снова изолирующий слой, снова маска, но уже накладываемая так, чтобы ее прорезы были перпендикулярны прежним, и снова полоски. Наконец, заключительный изолирующий слой из синтетической смолы.

Слоеный этот пирог «пекут» в вакуумной камере. «Выпечка» автоматизирована, и память ЭВМ, несмотря на золото, становится дешевле. А для чего вакуум? Таковы, во-первых, требования технологии: без вакуума пары металлов не осядут там, где надо. А во-вторых, для надежности. На подложку должны попасть только определенные пылинки и никакие другие. В воздухе же мириады пылинок, и все нежелательные. Перед пленочной гигиеной меркнет любая хирургическая гигиена, ибо у организма есть защитные силы против инфекции, а у пленки их нет. Ни пылинки, ни даже вируса, ни одной посторонней молекулы не должно попасть на нее, иначе элемент памяти может выйти из строя.

Выпечка автоматизирована, но монтируют схемы все еще вручную, и пироги еще дороговаты. Да и начинка у них не совсем устраивает инженеров: всего сто букв машинного языка приходится на один квадратный сантиметр. А теоретически можно было бы уместить миллион, даже миллиард. Как согласовать теорию с практикой? Начинаются поиски способов уплотнения машинной памяти, а уплотнение — это та же надежность.

Такие же поиски и в конструировании другой важной части ЭВМ — решающих устройств, или процессоров. У ЭВМ второго поколения они сделаны на транзисторах. Транзистор — это кристаллический квадратик из кремния или германия толщиной в миллиметр. В от-

дельные его участки добавляют примеси, и участки эти могут проводить ток. Чтобы защитить транзистор от повреждений и грязи и отвести от него тепло, его заключают в металлический корпус.

Потом в одну пластинку удается включить сразу несколько транзисторов. Берут тонкую пластинку длиной миллиметров в пять и покрывают маской с отверстиями. Через них вводят одни примеси. Потом берут другую маску и вводят другие примеси. Через третью напыляют золото или серебро: это выводы от электродов. Еще одна маска — добавляется слой диэлектрика, еще одна — угольный порошок. Потом снова диэлектрик, снова металл, опять диэлектрик, опять металл и, наконец, смола. Все это помещают в корпус. Теперь в нем не транзистор-одиночка, а целая интегральная схема, например регистр ЭВМ.

О ПОЛЬЗЕ ЛИЧНЫХ КОНТАКТОВ, А ТАКЖЕ ОБ ОВЧИЙКЕ И ВЫДЕЛКЕ

Рождается третье поколение ЭВМ. Машина теперь занимает не зал и не комнату, а шкаф, который можно поставить в любом диспетчерском пункте. Потребляет она столько же энергии, сколько настольная лампа. За четверть века, прошедшую со дня рождения ЭНИАКа, объем машинной памяти возрос в тысячу раз, а быстроедействие в десять тысяч раз. Потребление энергии уменьшилось в тысячу раз, а габариты — в сто раз. А надежность? Что ж, ЭВМ может «не перегорать» уже не шесть минут, а шесть месяцев. Надежность увеличилась в четыре тысячи раз! Совсем неплохо. Такой машине можно доверить многое. Люди ошибаются чаще...

Деталь ЭВМ или электронного прибора ничем больше не напоминает старушку радиолампу. Это кристаллик, заменяющий собой сотни ламп. Функцию прибора выполняет теперь не навесная схема, монтировать которую было сплошным мучением, а группа молекул. И все эти молекулы прочно ограждены от пыли, упакованы со всей плотностью, на которую только способна техника двадцатого века. Что может быть надежнее монолита, что может быть компактнее!

Идею монолитных интегральных схем подсказало само производство транзисторов. Начали с того, что на одной кремниевой или германиевой пластинке созда-

вали несколько десятков транзисторных структур, а затем пластинку резали на отдельные кристаллики-транзисторы. Но не бессмысленно ли вырезать транзисторы из общей пластины, собирать каждый в отдельном корпусе, а затем соединять проводами в электронную схему? Не лучше ли соединять их друг с другом прямо в кристалле? Конечно, лучше, но как этого добиться? Немало времени прошло, пока была создана теоретическая база нынешней микроэлектроники и разработана технология, пока монолиты не превратились в сегодняшние БИСы — большие интегральные схемы — квадратные пластинки со стороной в три — пять миллиметров, состоящие из многих тысяч деталей — транзисторов, конденсаторов, резисторов, диодов, соединительных цепей.

И все это не отдельные, не дискретные детали в обычном значении этого слова, а сформированные в одном кристалле «области» с различными электрическими свойствами. БИС обладает всеми чертами вычислительной машины: в нем есть и оперативное запоминающее устройство, есть и вычисляющий блок — сумматор, есть набор программ. Если расширить запоминающее устройство и ассортимент программ, один БИС можно превратить в целый процессор.

Из таких однокристалльных процессоров, нацеленных на решение задач различного класса, создаются уже многопроцессорные ЭВМ, где переход с одной задачи на другую сводится к простому переключению кристаллов. Проектируются многопроцессорные компьютеры, которые будут считать со скоростью до восьмисот миллионов операций в секунду. И все это благодаря компактности: ведь электрический сигнал не бог весть какой спринтер: за одну миллиардную долю секунды он проходит всего сантиметров тридцать. Так что чем меньше его путь, тем быстрее работает ЭВМ.

Микропроцессоры могут свободно управлять машинами: вот где открываются, наконец, широчайшие возможности для автоматизации. А стоимость? В том-то и дело, что кристалл, заключающий в себе тысячи деталей-областей, по сравнению с машиной, состоящей из сотен обычных деталей, деталей-кусочков, необычайно дешев. Дешев, ибо технологичен. Тысячи деталей делаются «одним заходом»: несколько десятков операций, и БИС готов. Более того, за один технологический цикл

на кремниевой пластине получается множество интегральных схем. Технология изготовления БИСов автоматизирована до предела, и совершенно справедливо Р. Сворень (см. Наука и жизнь, 1981, № 4) сравнивает автоматизированную линию, «печатающую» БИСы, с фантастическим прессом, который из металлических слитков, листов стекла, резины, ткани одним ударом штампует целые колонны автомобилей, причем законченных, готовых, — заводи и поезжай.

Кстати, на этой линии уже нет масок-трафаретов. Начинка пирога создается более усовершенствованным способом — фотолитографией: через фотошаблон на поверхность покрытого фоточувствительным слоем кристалла наносится сложный рисунок, который и определяет области введения примесей и формирования деталей БИС. Пластины ставят в кварцевые трубы, а трубы в особую печь (выпечка остается, даже без всяких кавычек), и там сквозь окна, созданные в процессе фотолитографии, примеси проникают в кремний. Потом — вакуумная камера и напыление металлического слоя, потом опять фотолитография и так далее.

Большинство элементов БИС соединяются друг с другом, как говорит Р. Сворень, «путем личных контактов» — детали-области просто соприкасаются своими «телами» внутри кристалла. Часть соединений осуществляет металлическая паутина, напыленная на поверхность кристалла. Все это очень надежные соединения, и в БИСах почти не бывает отказов из-за плохих контактов, а именно это в большинстве случаев и снижает надежность аппаратуры, собранной из дискретных деталей.

Для ЭВМ надежность перестала быть проблемой номер один. На это ушло тридцать пять лет. Но ЭВМ — лишь часть автоматической системы управления. Кроме нее, у нас должны быть столь же надежные и точные датчики, безотказные регулирующие и исполнительные механизмы. В какую же копеечку влетит вся автоматика, если делать ее на совесть!

Вот в нашем рассказе и зазвучал мотив экономической эффективности — вечной проблемы овчинки и выделки. Проблема эта была осознана далеко не сразу. В течение семи или восьми лет ход автоматизации «направлялся в основном моральными стимулами и общими соображениями, среди которых не последнюю роль

играли модные фразы,— писал в 1965 году академик В. А. Трапезников, директор Института проблем управления.— Такими модными фразами в свое время были призывы к строительству заводов-автоматов... Но спрашивается: всегда ли заводы-автоматы оправдывают себя экономически? Оказывается, нет. Обычно устранение нескольких операторов, управлявших производством, требует введения сложного оборудования, затраты на которое вряд ли могут быть оправданы. Замена операторов автоматическими устройствами целесообразна лишь при самых простых алгоритмах управления, например, на гидростанциях, насосных станциях, пунктах радиорелейной связи. Но даже здесь переход к предприятию-автомату должен базироваться на строгом экономическом расчете».

Трапезников приводил цифры: на одном машиностроительном заводе установили пятнадцать автоматических линий, которые окупятся только через восемьдесят шесть лет, на другом — затраты на «привязку» вычислительной машины к управляемому объекту, то есть на устройства сопряжения, достигли чуть ли не стоимости самой ЭВМ. Означает ли все это, что с автоматизацией надо повременить, а то и вовсе от нее отказаться? Нисколько! Просто к ней надо подойти не с «общими соображениями», а с научными и прежде всего — с экономическими и социальными.

Перед тем как создавать систему автоматического управления, проектировщикам придется подумать, увеличится ли благодаря ей производительность оборудования, снизится ли себестоимость продукции, сократятся ли затраты материалов, энергии, труда. Есть ли смысл автоматизировать процесс прокатки ради высвобождения оператора, говорил Трапезников, в то время как на ручных операциях зачистки проката остаются сотни вспомогательных рабочих? Не лучше ли сначала позаботиться о механизации их тяжелой работы? На смену людям одной профессии должны прийти люди другой профессии — высококвалифицированной персонал, обслуживающий автоматические устройства. Значит, людей надо переучивать, а на это нужны время и средства. Все надо учесть и все взвесить, прежде чем проектировать систему.

Когда все учли и все взвесили, оказалось, что автоматизировать надо, во-первых, то, что легко автома-

тизируется, например производство массовых однотипных изделий — болтов, гаек, втулок, поршней, подшипников. Автоматизация здесь окупается быстро. Во-вторых, то, чего нельзя поручать людям по соображениям безопасности. Это может быть и очень дорого, но человек дороже, и экономические расчеты отступают тут на второй план. И, в-третьих, как мы уже говорили, то, с чем человек не справляется: обработку большого количества информации, процессы, которые протекают слишком быстро и нуждаются в непрерывных управляющих воздействиях. Во всех остальных случаях преобладает скрупулезная оценка экономической эффективности.

Безлюдный завод сам по себе никому не нужен: производство — не погоня за рекордами, не спорт. Не безлюдный завод нужен, а завод, выполняющий свою задачу оптимально, наилучшим образом. Во всех нынешних цехах-автоматах есть слесари-наладчики, есть мастера. Останутся они и в цехах будущего. И завод-автомат все равно будет управляться людьми, пусть даже их окажется всего человек десять — пятнадцать и пусть это будет управление дистанционное, вроде управления луноходом. Ведь этот завод не сможет работать сам по себе и для самого себя. Он войдет в общую систему отрасли и будет связан с другими заводами — поставщиками сырья, оборудования, материалов, с потребителями его продукции. Ему придется непрерывно обмениваться с ними информацией. Нет, самое большее, на что могут рассчитывать энтузиасты безлюдных производств, безлюдных в буквальном значении слова, это отдельный технологический процесс. Но этот процесс должен обладать одной важной особенностью, без которой ему никогда не стать объектом автоматизации: он должен быть к ней приспособлен.

ТЕНЬ ЛОШАДИ

Проектирование любого завода начинается с анализа изделия, для выпуска которого завод предназначен. Очень легко построить завод-автомат для производства одной какой-нибудь детали. Существуют цехи-автоматы поршней, подшипников, комбайновых цепей, тракторных колес. Но завод-автомат для выпуска самих тракторов или автомобилей построить нельзя. Чтобы

это произошло, нужно, чтобы автомобиль перестал быть автомобилем, а трактор — трактором, подобно тому как блок ЭВМ перестал быть скопищем ламп и превратился в интегральную схему. Изготовление этих новых блоков оказалось по плечу автоматам, но саму ЭВМ все равно собирают люди. Автоматизация охватила лишь часть процесса и остановилась перед сборкой. Как ни бьются инженеры и изобретатели, а сборка поддается автоматизации со скрипом, еле-еле. Вот почему количество сборочных конвейеров растет, и в автомобильной промышленности, и в тракторной, и в радиоэлектронной — везде. Сборка — типичный дискретный процесс: прерывистый, расчлененный на десятки и сотни маленьких операций.

«Перед каждым паровозом бежит тень лошади», — заметил когда-то Герберт Уэллс. Вот уже четверть века, как мы больше не выпускаем паровозов. Но тень лошади бежит и перед электровозами, и перед тепловозами, и перед автомобилями. Ведь конструкция локомотива или автомобиля в принципе не изменилась. Изменились частности. А следовательно, и технология их изготовления изменилась лишь частично. Коренных перемен мы дождемся тут лишь тогда, когда либо конструкция станет совсем иной, что маловероятно, либо когда в названных нами отраслях появятся сборочные автоматы, способные преодолеть «проклятые дискретности».

Означает ли все это, что автоматизации поставлены пределы? Нет, конечно. Во-первых, кроме традиционных изделий, есть множество новых, перед которыми ничья тень не бежит. А во-вторых, инженеры стараются везде, где только возможно, упразднить старую технологию и сделать процесс непрерывным во времени и пространстве. Непрерывные процессы свойственны энергетике. Все превращения, которые претерпевает энергия падающей воды или сгорания газа, следуют друг за другом без перерыва. Они свойственны химии, нефтепереработке, многим отраслям пищевой индустрии. Именно там и появились первые управляющие ЭВМ.

Непрерывная технология стоит того, чтобы присмотреться к ней повнимательней, а для этого лучше всего отправиться снова на металлургический завод: там как

раз идет борьба между непрерывностью и дискретностью.

Один только процесс удалось в металлургии автоматизировать быстро — доменный. Доменная печь — это исполинская реторта, куда сыплется шихта и откуда выливается чугун. Реакции восстановления железа идут безостановочно. За доменным процессом следует сталеплавильный. Он тоже почти автоматизирован. Но как перевезти чугун из домы к сталеплавильной печи — конвертеру? Вот где кончается непрерывность, а с нею и автоматизация. Чугунный поток дробят на порции и разливают по ковшам. Паровоз дает гудок, и платформы с ковшами трогаются в путь.

Чтобы автоматизировать перевозку чугуна, надо отказать от локомотивов, от рельсовых путей и от порционной разливки. Жидкость удобнее всего транспортировать по трубам. Может быть, и жидкий расплав тоже можно? Правда, жидкость эта обычным насосам не поддается, но зато поддается индукционным. Если на расплав подействовать магнитным полем, в нем возникнет электрический ток. Взаимодействие тока с полем разбудит силы, которые приведут металл в движение, и он потечет по огнеупорной трубе из одной печи в другую, потечет непрерывно, а значит, и автоматически.

Прекрасная идея! Из цехов исчезнут ковши, краны, рельсы, локомотивы. Металлургам не придется защищаться от жары и искр.

Десятки подобных идей есть у металлургов. Но очень многие из них еще не вышли из стен лаборатории, и неизвестно, когда выйдут. Каждая идея охватывает лишь часть сложнейшего металлургического процесса, начинающегося на руднике и кончающегося в цехе проката. Завод — это единый организм. Локальный же подход к решению задач, приводящий к оптимизации отдельных звеньев, для организма вреден. Боксер, который упражняет одни лишь бицепсы и не заботится о силе своих ног, не продержится на ринге и минуты. Однажды автор этих строк спросил у одного из руководителей Государственного комитета по делам изобретений и открытий: «Почему медлят с внедрением в промышленность нового крупного пресса?» В голосе автора звучало благородное негодование. «Он поглощает за день всю месячную продукцию заготовительных

Цехов, — был ответ. — Как ни прискорбно, но этому замечательному прессу долго еще придется ждать своего часа. Автоматизация — проблема комплексная». У производства чугуна одна скорость, у выплавки стали другая, у прокатки — третья. А все скорости должны быть согласованы между собой. Ситуация та же, что и с автоматической линией, только тут все гораздо сложнее. И все революционные преобразования вроде трубопроводов для огненных рек должны быть экономически целесообразны...

В любой отрасли промышленности есть такой показатель — выход годного. Это отношение количества продукции, полученного «на выходе» процесса, к всему всего, что поступило «на вход». Из каждой ста тонн выплавленной стали только восемьдесят попадает в прокатный стан: выход годного при сталеплавлении переделе — восемьдесят процентов. Двадцать тонн отходов — это так называемая прибыльная часть слитков и потери на угар. Выход годного после прокатки тоже восемьдесят процентов. Шестнадцать тонн уходит на тот же угар и на «концевую обрезь» — на концы введенной в стан заготовки. Выходит, из ста тонн выплавленной стали за ворота завода в виде готового проката вывозят едва ли шестьдесят пять. Пропадает десять мощных тракторов или пятьдесят «жигулей». И это еще не все. Шестьдесят пять тонн, поступающие к машиностроителям, далеко не идеальны. Восемнадцать тонн приходится «омертвлять» в машинах в виде лишнего запаса прочности, расплачиваясь за присутствие в металле примесей и за неоднородность структуры. И получается, что полноценную службу несет лишь половина выплавленной стали.

Чтобы сделать металл чище, металлурги обрабатывают его шлаками, выплавляют в вакууме, подвергают переплаву в электронных лучах и струях раскаленной плазмы. Улучшить же структуру можно только давлением. При обжатии и прокатке оставшиеся в отливке кристаллы дробятся и вытягиваются в волокна; пустоты и раковины — следы попавших в металл газов — исчезают, сталь становится однороднее, а значит, и прочнее. Вот зачем, помимо других причин, девять десятых всей выплавленной стали подвергают прокатке. А отходы достаются прокатному стану в наследство от предшествующих этапов. В концевой обрезе виновата

не сама технология прокатки, а прерывность получения и подачи слитков в прокатный стан, противоречащая непрерывности прокатки.

Благодаря непрерывности прокатные станы еще в прошлом веке выделялись среди других машин своим высоким уровнем механизации и автоматизации. Уже тогда они казались прообразами машин будущего. Словно бы самой природой прокатка создана для изготовления массовой продукции, и недаром ее первые шаги, относящиеся еще к XV—XVI векам, были связаны с монетным производством. Но золотой век прокатки начался с изобретения паровоза. Рельсы, тысячи километров рельсов — вот для чего по-настоящему понадобились прокатные станы. И не просто рельсы, а желательнее подлиннее: чем меньше будет стыков между ними, тем лучше.

Производительность прокатки можно было бы увеличивать сколько угодно, если бы ее не сдерживала прерывность подачи слитков и прерывность работы козлов, где вынутые из изложниц слитки подогревают перед прокаткой. И отличные изобретения вынуждены «ждать своего часа», и выход годного стоит на месте. Так продолжалось до 50-х годов, пока не были созданы МНЛ — машины непрерывного литья, сначала для алюминия и меди, а потом и для стали. Роль изложниц, в которые разливают сталь, в МНЛ выполняет кристаллизатор с медными стенками, охлаждаемыми водой. Расплав попадает в печь, кристаллизуется, его корочки скользят по стенкам, и металл постепенно застывает. Ножницы разрезают слиток на заготовки, и они отправляются на прокатку. Ничто не мешает отливать заготовки, близкие по форме к готовому прокату. Иначе говоря, нет никакой нужды ни в слябингах, ни в блюмингах. Повышается выход годного. Непрерывное литье устраняет самое неприятное последствие литья периодического — химическую неоднородность металла, из-за которой и получались лишние запасы прочности в конструкциях.

Эффект МНЛ превосходит все ожидания. Метод непрерывного литья, разработанный Институтом черной металлургии, распространяется по всему миру. Но его возможности еще не исчерпаны. По-прежнему не хватает самого главного — непрерывности всего процесса. Непрерывное литье и непрерывную прокатку надо со-

вместить. Эту задачу ставят перед собой сотрудники Института металлургического машиностроения — ВНИИ-МЕТМАШа.

В стан попадает металл, который только что был жидким. Чтобы сделать его пригодным к прокатке, пластичным, много тепла не понадобится. Уменьшатся потери на угар. Не нужны будут печи, колодцы и склады заготовок, на которые приходится половина всей площади прокатных цехов. Экономия места, энергии, экономия во всем. Если прокатный стан выстроится в одну линию с МНЛ, не нужно будет разрубать слиток на заготовки: еще один источник экономии металла. Концевая обреза будет получаться не от каждого куска, а лишь от начала и от конца «бесконечного» слитка. В целом совмещение литья с прокаткой раз в двадцать уменьшит количество отходов. Качество проката возрастет. Да, автоматизация здесь будет выгодной, хоть всю автоматику делай из золота.

КРИВОЛИНЕЙНЫЙ АГРЕГАТ

По разным причинам задачу свою институт начал решать с цветных металлов, и первыми были сконструированы автоматизированные агрегаты для прокатки алюминиевой и медной проволоки. Потом — агрегат для производства алюминиевых листов. Потом — дело застопорилось...

Цветные металлы — одно, а черные — другое. Там согласовать скорости литья и прокатки легко, а тут — хоть плачь. Скорость прокатки — это скорость курьерского поезда, а скорость литья — черепашня. Невозможно подключить МНЛ к стану, да и только! Подключить к нему десятка полтора МНЛ сразу? Уж очень сложно: будто множество путей железнодорожной станции сливаются в одну магистраль. Литые полосы придется разрезать на куски и одну за другой перевозить с параллельных путей на главный, подогревая перед первой клетью. Снова громоздкое оборудование, вечная возня с синхронизацией движения полос. Нет, видно, придется искать компромисс между скоростями литья и прокатки и отказаться от простого симбиоза МНЛ и стана. Это должен быть принципиально новый агрегат, где и МНЛ и стан подчинятся общему замыслу.

Но как же все-таки увеличить скорость литья? Вот

матово поблескивающая тяжелая струя в ореоле золотых искр устремляется из ковша в воронку кристаллизатора. Соприкасаясь с его стенками, металл застывает сначала по периметру — образуется корочка, под которой металл еще жидкий. В зоне вторичного охлаждения слиток орошается водой из душей-форсунок. Потом его подхватывают валки. Не тут ли увеличить скорость? Нет. Корочка начнет рваться, из-за большой разницы температур по сечению слитка возникнут термические напряжения, и на слитке образуются трещины.

Может, изменить форму слитка? Чем больше его поверхность, тем скорее он застынет. Наибольшая поверхность у плоского слитка. Так. В МНЛ металл проходит через все фазы вертикально, сверху вниз, и кристаллизуется по сечению симметрично. Прекрасно. Но вся эта штука высотой с девятиэтажный дом. Это вертикаль. А стан — горизонталь. Как «впрячь в одну телегу» вертикаль с горизонталью? Может быть, сделать криволинейный агрегат? Да, именно так! Жидкая сталь поступает в изогнутый кристаллизатор и застывает по дуге окружности. В нижней части дуги, после зоны вторичного охлаждения, слиток подхватывают валки правильной машины, и дальше он движется по горизонтали. Радиус окружности выбираем такой, чтобы к моменту перехода слитка в горизонтальное положение его кристаллизация успела закончиться. Реально ли это? Реально. Перед началом литья в кристаллизатор надо будет ввести криволинейную затравку: она образует дно начальной части слитка. Она же и поможет выгнуть слиток из кристаллизатора. Потом ее можно отвести на «запасной путь», находящийся на продолжении окружности, а слиток поплывет по горизонтали.

На опытной машине скорость литья превысила метр в минуту. А на какие уступки пойдет прокатка? Надо, проиграв в скорости, выиграть хотя бы в силе обжатия заготовки. Институт проектирует принципиально новый стан — планетарный. В нем, кроме горизонтальных валков, появляются вертикальные, и благодаря им металл обжимается не только по высоте сечения, но и по ширине. Планетарный стан, состоящий всего из двух клетей, делает с заготовкой то, что и обычный стан с двенадцатью клетями. Вместе с МНЛ он образует высокопроизводительный, до предела автоматизированный агрегат. На нем отливают и прокатывают тончайшие

полосы, изготовляют проволоку. И все — отличного качества.

Металлургия идет к объединению сталеплавильного цикла с прокатным. В конечном счете, возможно, удастся создать единые автоматические линии, куда будет вводиться шихта и откуда будет выходить первосортный прокат. И то огромное количество металла, которое идет сейчас в отходы, превратится в полноценный материал для конструкций. Непрерывность процесса сделает ненужным и железнодорожный транспорт, и магнитные трубопроводы — заманчивые, но дорогие. К такому объединению ведет много путей. В одних случаях — сочетание МНЛ с планетарным станом, в других, как, например, при производстве труб — с прокаткой в трехвалковых клетях. В третьих — выгоднее ограничиться одним литьем, но таким, после которого не нужна прокатка.

Как разливают алюминий? Из лотка в воронку, оттуда в чашу. Чаша плавает на поверхности расплава, заключенного в конический «колодец», поддерживая его постоянный уровень и содействуя равномерному распределению металла. В зоне опрокинутой вершины конуса расплав охвачен кольцом охлаждаемого водой кристаллизатора. Металл опускается и твердеет; литье идет непрерывно, пока поддон не коснется дна шахты. Готовый слиток извлекают оттуда краном. Слиток покрыт морщинами, это следы трения корочки о стенки кристаллизатора. А под морщинами грубая, неоднородная структура. Чтобы удалить ее, слитки очищают на обдирочных станках. Огромные заводские пролеты заняты этими станками, которые превращают в стружку пять процентов слитка.

Инженеры Куйбышевского металлургического завода решили избавиться от трения с помощью магнитного поля. Все-таки магнитное поле проникло в металлургию! Вихревые токи, наведенные в жидком металле, должны взаимодействовать с магнитным полем индуктора. Если поместить индуктор в зону кристаллизации, возникнут силы, направленные перпендикулярно к поверхности слитка. Сдавливая металл со всех сторон, они и сформируют слиток.

Перед началом литья в индуктор вводят поддон. Между поддоном и индуктором расположен направляющий конус, по которому льется охлажденная вода.

Из воронки на поддон падает металл. Электромагнитное поле придает расплаву форму, соответствующую форме индуктора. Как только столб раскаленной жидкости достигает определенной высоты, поддон начинает опускаться вниз. Кристаллизация идет снизу, оттуда, где поддон омывается водой. Все больше воды струится уже по самой поверхности слитка. Верхняя же часть слитка, формируемая магнитным полем, все время остается жидкой. От того, как сформируется жидкая зона, зависит качество слитка. Поверхность расплава должна быть абсолютно спокойной. И вот жидкая зона вскоре оказывается как бы внутри цилиндрического стакана со стенками из затвердевшей корочки. Вихревые токи, возбуждаемые индуктором, и в корочке и в поверхностном слое жидкой зоны направлены одинаково. Поэтому между ними действуют силы притяжения, не дающие жидкому металлу смещаться по отношению к корочке. Жидкая зона стабилизирована.

Управляя электромагнитным полем, слиткам можно придавать круглые, овальные или прямоугольные сечения. Так разливка сама собой совместилась с прокаткой. Вернее, в прокатке не стало нужды. Благодаря тому, что над кристаллизующейся частью слитка постоянно присутствует жидкий расплав и слиток не соприкасается со стенками кристаллизатора, у него снаружи нет никаких дефектов. Он больше не нуждается в обточке. Не нужны ему ни станы, ни обдирочные станки. При высокой скорости, присущей электромагнитному литью, не успевает возникнуть беспорядок в жидкой зоне, и слиток выходит из расплава с безупречной структурой.

ПАРАДОКС РЕБИНДЕРА

Не менее интересные, подчас радикальные идеи рождаются и в другой фундаментальной отрасли индустрии—в металлообработке. У традиционного резания, перегоняющего в стружку по десять миллионов тонн металла в год, много уже соперников. Давно уже в обиход машиностроителей вошел ультразвук: мельчайшие частички абразива, вибрируя с ультразвуковой частотой, откалывают металл от заготовки. В электроэрозионных станках инструментом служит электрод, погруженный в жидкость, куда опущена заготовка, и электрическая ду-

га без лишних отходов разрушает металл по заданному размеру. Самые тугоплавкие металлы — вольфрам, молибден, тантал — испаряет электронный луч.

В обработке металла давлением — тоже сплошная физика. Там, подобно резанию без резца, можно встретить и штамповку без штампа. Стальные заготовки штампуют взрывом, сжиженными газами и даже льдом. Лист металла кладут на матрицу заданной формы, сверху закрепляют выпуклую крышку, под которую налита вода, все это замораживают, и лед, расширяясь, действует как мощный поршень: секунда — и лист вдавлен в матрицу. Нашлась, разумеется, работа и магнитному полю. Вспомните школьный опыт с соленоидом: магнитное поле втягивает сердечник внутрь обмотки. При магнитной обработке его не втягивают, а деформируют. На матрицу из твердого сплава кладут заготовку, подводят к ней сверху диск с токоведущей спиралью, разряжают на нее батарею, ток в спирали достигает сотен тысяч ампер, его сопровождает магнитное поле. В заготовке рождаются вихревые токи и собственное поле. От взаимодействия полей возникает давление в сорок тысяч атмосфер, обжимающее заготовку по матрице. За миллионные доли секунды самые хрупкие металлы приобретают свойства жидкостей и заполняют все углубления матрицы. Магнитным полем удастся штамповать металлические заготовки, даже упрятанные в корпус из диэлектрика. Остается добавить, что при магнитной штамповке не бывает потерь ни на трение, ни на гидравлическое сопротивление и что, как подобает истинно новой технологии, она без труда поддается автоматизации.

Не обошлось без магнитного поля и в литейном деле. Из податливого, как воск, и быстро сгорающего, как кинолента, материала, например из пенополистирола, делают модель будущей отливки. Особая формовочная смесь под влиянием электромагнитных сил облепляет модель. Получается форма, ее заполняют жидким металлом. Металл молниеносно выжигает из формы пенополистирол, занимает его место и застывает. Магнитное поле отключают, смесь осыпается и идет на изготовление следующей формы. А отливка отправляется на легкую механическую обработку. Структура у нее превосходная, процесс автоматизирован, в цехе — ни грязи, ни копоты, ни шума.

Традиционные методы обработки металла далеко еще не исчерпаны. Они непрерывно совершенствуются, обогащаются новыми идеями. Но традиция есть традиция. Хоть и служит резцом электронный луч, а штампом — магнитное поле, взрывная волна и даже лед, все-таки это по-прежнему резание и по-прежнему штамповка. Они либо меняют форму металла без особого изменения его общего объема, либо отбрасывают часть заготовки в отходы, пусть и незначительные. А не поступить ли наоборот — собрать из микрочастиц большую деталь? Оказывается, можно. Вращающиеся ролики подают в зону обработки металлический электрод. Зоной этой служит закрытая камера, куда под высоким давлением вдуваются инертные газы. Между электродом и соплом горелки возбуждается электрическая дуга, и материал электрода превращается в плазму. Фокусирующие линзы сжимают ее в луч. Выходя из камеры, луч охлаждается и оседает на специальном экране. Магнитное поле развевает частички металла по всему экрану; деталь любой формы создается послойным наращиванием металла на заданной поверхности. Деталь можно сформировать из любого сплава, причем все пропорции в сплаве будут соблюдены с высочайшей точностью.

Может быть, подобный агрегат — прообраз станка будущего? О таком станке писал в свое время крупнейший наш специалист в этой области, профессор А. Е. Прокопович. По его словам, самым идеальным был бы станок, в котором инструмент не соприкасается с изделием. Тогда инструмент не надо затачивать или менять — не надо останавливать для этого станок. Непрерывность! И вместе с непрерывностью полная «объемность» обработки. Резец обрабатывает деталь в точке, штамп — по плоскости, а тут обработка пойдет во всех трех измерениях. Изменение давления среды — вот что придает металлу нужную форму и плотность. Что же это за среда? Да все то же электромагнитное поле. Уж очень легко управлять этим полем, и управлять автоматически, по программе.

А может быть, в металлообработке возьмут верх вовсе не магнитные методы, а электрохимические.

Когда-то химики научились наращивать атомы металла на любой электропроводящей поверхности, в чем может убедиться каждый, глядя на вылепленную таким

способом квадригу коней на фронте Большого театра. Теперь в технологию пришел обратный процесс, основанный на анодном растворении. Особенно хорош он для изготовления фасонных деталей, например турбинных лопаток. В ванну с электролитом помещают заготовку-анод и инструмент-катод, представляющий собой зеркальное изображение лопатки. Оператор включает ток, электроды сближаются, электролит струится между заготовкой и инструментом, смывая растворившийся металл из зоны обработки, и заготовка принимает форму, обратную форме катода. Лопатка изготавливается в двадцать раз быстрее, чем на шлифовальном станке. Можно сделать так, чтобы заготовка вращалась, и тогда она превратится в цилиндр или в конус, в ней будут прорезаны канавки, прошиты отверстия. Чем не токарный станок? В электрохимических аппаратах сверлят, фрезеруют, шлифуют, полируют, получают тончайшую проволоку. Электрохимический процесс не дает отходов: растворенный металл можно вновь пустить в оборот. Нет ни стружки, ни пыли, ни вредных испарений от смазок, ни шума. Кругом чистота, тишина, свежий воздух. И, конечно, полная автоматизация процесса: электрохимический аппарат сам выполняет все операции. Конструкторам не надо ломать голову над тем, как переправить детали от одного станка к другому и как согласовать между собой операции идущие с разной скоростью.

Изобретения подобного рода вызываются разнообразными потребностями. В одном случае это стремление улучшить условия труда, в другом — найти способ обработки нового материала, в третьем — достигнуть более высокой точности или надежности, в четвертом — большей производительности, в пятом — высокого качества продукта, в шестом — избавиться от отходов и всевозможных потерь. Чаще всего эти потребности друг от друга неотделимы. И почти всегда их удовлетворение связано с автоматизацией.

Присматриваясь к новым методам обработки материалов, мы обнаруживаем у них общие черты. Перед ними не бежит тень лошади. Это во-первых. А во-вторых, мы ясно видим стремление к тому, чтобы вещество или материал обрабатывались в таком состоянии и при таких условиях, при которых они полнее и свободнее проявляют себя и легче поддаются желаемым воздей-

ствиям и превращениям. Что же это за состояние? Это молекулы, атомы, ионы. Процессы же, основанные на взаимодействии этих частиц, непрерывны по своей природе. Так физико-химическая технология становится основой автоматизации — автоматизации естественной, не отделимой от самого процесса, присущей ему так же, как иону присущ заряд, а магнитному полю — напряженность.

«Материалы будущего — это материалы из порошков», — говаривал академик П. А. Ребиндер, отец физико-химической механики, науки, которая исследует силы, проявляющиеся у веществ на атомно-молекулярном уровне. Ребиндеру принадлежит и крылатый парадокс: «Путь к прочности лежит через разрушение». Вещество надо разрушить, измельчить до такой степени, чтобы из его молекул можно было формировать любое изделие, ~~об~~обладающее любыми свойствами, которые от него потребуются. Когда-нибудь все производства станут физико-химическими, утверждал Ребиндер, и тогда автоматизация с точки зрения технолога не только перестанет быть проблемой — она окажется единственно возможным решением.

Придет время, и всякая технология будет полностью подготовлена к автоматизации. Но никому, конечно, не придет в голову разбирать обычный конвертер, ломать железную дорогу, проложенную между доменным и сталеплавильным цехом, перекраивать токарный цех в электромеханический — словом, останавливать налаженное производство. Иное дело, если оно окажется нерентабельным, начнет тормозить совершенствование сопряженных с ним звеньев или его нельзя будет приспособить к выпуску новой продукции. Старую технологию будут устранять постепенно, так, чтобы не нарушать общего ритма работы. Как и сегодня, принципиально новая технология будет чаще всего предназначаться для нового завода или нового цеха.

Но будет ли это завод-автомат? Непрерывность технологии, «автоматизируемость» изделия, быстрая окупаемость затрат на автоматику, ее надежность, «вписываемость» завода в общую систему связей отрасли — всем этим еще не исчерпывается перечень условий, которые придется положить на весы, чтобы принять правильное решение. Автоматизированный завод — иное дело. Завод, где сама технология будет автоматизиро-

вана полностью, транспортные и вспомогательные операции — тоже, но информационные — лишь отчасти. Ведь чем полнее будут автоматизированы производственные операции, тем больше станет информационных потоков. Можно ли их все доверить машине? Тут есть свои проблемы, есть препятствия принципиального характера.

И еще одна проблема. Удастся ли создателям новых технологических процессов избежать такого количества вспомогательных операций и подсобных работ, которые сопутствуют сегодня самым радикальным новшествам? Миллионы людей заняты на этих операциях и работах тяжелым физическим трудом. Полвека работают автоматические линии, сконструированные для основных процессов, а для вспомогательных первые автоматы появились только сегодня. Раньше не получалось, хоть и ломали голову над этим (почему не получалось и как в конце концов получилось, мы расскажем в главе «Золотые прислужницы Гефеста»). А пока конструкторы изобретали механизмы для таскания тяжестей и автоматы для сортировки и сборки, специалисты по гигиене, физиологи и психологи труда искали свои способы облегчить жизнь трудовому человеку. Об этом и пойдет речь в следующих главах.

МИЛЛИОН ЗА ИНДИГО

Как раз в ту пору, когда заводы-автоматы и кибернетические машины были у всех на устах, люди на обычных заводах и фабриках занимались странным, но, очевидно, очень приятным для них и увлекательным делом. Они скупали во всех магазинах зеленую краску и красили в зеленый цвет все, что можно было покрасить: стены, оконные проемы, станки, верстаки, колонны для подкрановых путей. Покрасив все это и полюбовавшись своей работой, они приходили в необычайный восторг и без обиняков называли свои заводы если и не заводами будущего, то по меньшей мере их прообразам.

Окрашиванием цехов люди занялись неспроста: серо-бурые стены, серые станки, грязно-серые или черные полы — одна скука серая, да полумрак, который безуспешно пытаются рассеять горящие вовсю лампы.

Долго на это не обращали внимания, окрашивали цехи в цвета немаркие, «экономичные», но постепенно обноружилось, что никакая это не экономия, а сплошное расточительство. Расточительство электроэнергии, материалов и труда (плохо видно — много брака), а главное, расточительство здоровья — люди же глаза портят! Врачи уже давно не давали покоя администрации.

Хорошо. Но что надо сделать? Как выбрать подходящие цвета? Кто знает, какой цвет полезен, а какой нет? Очевидно, специалисты по цветовому зрению — физиологи, офтальмологи. Так рассуждали инженеры московского института «Оргстанкинпром», взявшиеся за первый в нашей стране проект новой окраски машиностроительных цехов, и, рассудив, отправились за советом в Институт железнодорожной гигиены, где вот уже тридцать лет работала лаборатория цветового зрения.

Железнодорожникам эта лаборатория принадлежала не случайно. Машинист должен отличать красный от зеленого и ~~зеленый~~ от желтого. Машинист не имеет права быть дальтоником. Пока скорости локомотивов были невелики, машинисты успевали опознавать сигналы светофоров не только по цвету, но и по яркости и расположению. Но когда скорость возросла, рисковать было больше нельзя, и все машинисты отправились на экзамен в лабораторию. Тем, кто плохо различал цвета, пришлось менять профессию.

Обо всем этом заведующий лабораторией профессор Е. Б. Рабкин поведал руководителю проекта инженеру В. А. Нижегородцеву и его коллегам из «Оргстанкинпрома». И не только об этом, но и о теории цветосприятия, в обосновании которой дальтонизм сыграл немаловажную роль, и о том, как устроен наш зрительный аппарат, и даже об истории красок.

История эта, по правде говоря, достойна целой книги. Она полна страстей, тяжелого труда, воинственных кликов, заблуждений и воспарений духа. Начинается она праздником красной охры, учрежденным первобытными племенами в честь открытия первой краски. На ее страницах мы видим горделивых римских сенаторов в отделанных пурпуром тогах и их рабов, ныряющих за багрянками, из которых добывают пурпур. Мы видим предков наших славян, которые из найденных в лесу червецов варят червень, мы листаем старинные манускрипты, хранящиеся в Ереванском институте древ-

них рукописей — Матенадаране. На пожелтевшем фоне выделяются своей немеркнувшей яркостью прекрасные миниатюры. Миниатюры нарисованы кармином, от которого и произошло итальянское «кармино». Каждый год в середине мая в Араратской долине вылезали на поверхность почвы мириады насекомых. Это была кошениль. Предприимчивые жители долины перерабатывали этих крошек в кармин, продавали краску купцам, и те развозили ее во все уголки света. Секрет этого ремесла был, как водится, утерян (всем известно, что большинство утерянных секретов относится к краскам), теперь его нашли сотрудники Зоологического института в Ереване и уже передали текстильщикам. А кошениль продолжает обитать в Араратской долине, не подозревая, что час ее близок.

Про кошениль напоминают нам не одни старинные рукописи. Кто из нас не помнит Эдмона Дантеса, графа Монте-Кристо, который на заре своего сказочного поприща навел сосланного на Эльбу Наполеона? Судно, которым он командовал, везло в Марсель кошениль и индиго. История индиго, синей краски, связана с именем Наполеона не только этим маленьким приключением. Когда из-за блокады, устроенной англичанами, ввоз индиго во Францию прекратился, Наполеон обещал миллион тому, кто изобретет такую же сочно-синюю краску, как индиго, чтобы было во что красить солдатские мундиры.

Но довольно о красках. Нас ведь интересует восприятие цвета. У него тоже есть своя история. Начинается она с Демокрита, который полагал, что от всех тел происходит мгновенное истечение образов, воздух между предметом и глазом уплотняется и, принимая окраску, отражается в глазу. Цвета зависят от формы атомов. Белый рождается поверхностью гладкой, как нутро раковины, где атомы так плотно пригнаны друг к другу, что даже не отбрасывают тени, черный — поверхностью пористой и шероховатой, красный — сферической, присущей всему теплomu и горячему. Самого цвета в природе нет, цвет — это мнение, возникающее в глазу от «соприкасания, очертания и поворота» атомов. Насчет того, что цвет это мнение, современная физика согласна с Демокритом. «Явление цвета не относится к физике как к таковой, — читаем мы в «Лекциях по физике» Ричарда Фейнмана. — Цвет есть ощущение,

а ощущение разных цветов в различных условиях различно».

Но цвет — не одно лишь мнение. Физике известно, что волны, вызывающие ощущение цвета, обладают определенной длиной и что нашему зрению доступна область с длинами от четырехсот до восьмисот нанометров. Все другие электромагнитные колебания — радиоволны, лучи Рентгена, ультрафиолетовые и инфракрасные лучи — воспринимают только приборы да некоторые избранные насекомые. Все видимые волны смешаны в белом свете. Если свет целиком отразится предметом, предмет покажется нам белым, если совсем не отразится — черным, а если пройдет через предмет — прозрачным. Если же, наконец, предмет поглотит только часть видимых лучей, он окрасится в цвет тех лучей, которые останутся непоглощенными. Поглотил предмет красные лучи — стал зеленым, поглотил зеленые — стал красным. Неполное поглощение зависит от энергетических уровней электронов в атомах. Совпадет энергия световых частиц, фотонов, с разностями между энергиями двух соседних уровней, на которых располагаются электроны, — один из них перейдет на верхний уровень, а фотон поглотится веществом. Не совпадет — фотон отразится или проскочит сквозь вещество. Потом электрон вернется обратно, а энергия, принесенная фотоном, может превратиться в тепло или вновь принять обличье фотона, и тогда предмет начнет светиться.

Самое для нас интересное начинается в тот миг, когда отраженный предметом свет попадает в глаз и порождает мнение. Мы начинаем различать цвета. Мы делим их на ахроматические и хроматические. Первые — это вариации одного и того же цвета, хоть и называем мы его: белый, серый, черный. Вариации эти оцениваются лишь по яркости и по отражательной способности. Вторые — все прочие. Их классифицируют по тону, или по длине волны, и по насыщенности, то есть по степени удаленности от белого. В первом случае мы увидим просто желтый или просто синий, а во втором пойдут оттенки: темно-синий, густо-синий, голубовато-синий. Еще у каждого цвета есть дополнительный цвет: для синего — зеленовато-желтый, для красного — голубовато-зеленый и так далее; если смешать эти пары, получится белый.

Пройдя сквозь роговицу и хрусталик, свет падает на

сетчатку, которая, подобно сети, ловит фотоны. Сложена сетчатка из фоторецепторов; это сто тридцать миллионов палочек и семь миллионов колбочек. Как их считали, уму непостижимо. Колбочки концентрируются в желтом пятне, где острота зрения особенно велика, а палочки по бокам от него. Колбочки различают цвета, палочки же почти их не различают: они работают в темноте и реагируют только на свет. Синий цвет они еще способны увидеть, но темно-красный от коричневого или даже от черного не отличат. Вот почему в полумраке синий кажется нам ярче красного.

Если три луча разного цвета смешать в нужной пропорции, получится какой угодно цвет. Из этого отчасти исходила трехкомпонентная теория цвета, разрабатывавшаяся Ломоносовым, Юнгом и Гельмгольцем. В «Слове о происхождении света» Ломоносов говорит, что три вида «светоносного эфира» вызывают ощущение трех основных цветов, а дно глаза содержит три «цветоощущающие материи». В наше время шведский биофизик Рагнар Гранит нашел у лягушки эти три материи — три группы колбочек, каждая из которых больше всего возбуждается от одного из основных цветов — красного, зеленого и синего. Возбуждается — то есть поглощает свет с определенной длиной волны. Свет попадает на сетчатку, пигменты, находящиеся в фоторецепторах, поглощая его, распадаются на части в разной пропорции, и мозг, анализируя их сигналы, решает, какой свет поглощается больше, а какой меньше. Так складывается мнение о цвете. Что же касается спектров поглощения, то их определили благодаря показаниям дальтоников, каковой факт лишний раз подтверждает, что нет худа без добра. Дальтоники формируют свое мнение о цвете на основе не трех, а двух цветов — одного пигмента у них нет.

Налицо фотохимический процесс: содержимое колбочек поглощает фотоны, заряжается энергией и претерпевает какие-то превращения, о характере которых сообщается в мозг. Но чем тогда объяснить необычайную остроту зрения при красном освещении, когда две группы колбочек (или два пигмента в одной колбочке) спят и в деле не участвуют? Может быть, тем, что в «красных» колбочках реакция протекает интенсивнее? Не оттого ли красный цвет быстро возбуждает нас, но так же быстро и утомляет?

ЖЕЛТЫЙ БАРХАТ В ЧЕРНОМ БОКАЛЕ

«Вот цвет, который покрывает небо и землю в день Страшного суда, — писал о красном цвете Гёте, великий поэт и натуралист. — Красный цвет придает пейзажу ужасный вид». Полжизни разрабатывал Гёте учение о цвете и ставил его не ниже «Фауста», которого тоже писал полжизни. У Гёте мы находим множество метких наблюдений и мыслей о таких явлениях, как дополнительный цвет или последовательный образ.

Точно как странник, который, взглянув перед самым закатом
Прямо на быстрое красное солнце, после невольно
Видит его и на темных кустах и на скалах утеса
Перед очами, куда бы ни кинул он взора, повсюду
Светит оно и качается в красках чудесных, —
Так перед Германом образ возлюбленной девушки
Плыл...

Здесь, в «Германе и Доротее», Гёте описывает явление последовательного образа. Взгляните на солнце и быстро закройте глаза — вы увидите солнце как бы внутри глаз, а потом и на других предметах. На темном фоне образ солнца будет светлым, а на светлом — темным. Если же источник света цветной, вы увидите дополнительный цвет: красный превратится в сине-зеленый, желтый — в фиолетовый. Возможно, колбочки делают это для того, чтобы зрительный аппарат скорее отдохнул от яркого цвета, но физическая ли основа у этого явления или психическая, пока неизвестно.

Гёте рассказывает, как однажды он зашел в гостиницу и увидел девушку с белым лицом и черными волосами, у нее был алый корсаж. «Когда спустя мгновение она отошла, я увидел на противоположной белой стене черное лицо, окруженное ярким сиянием, и ясно очерченную фигуру в платье цвета морской воды». В кузнице он пристально смотрит на раскаленное железо, потом переводит взгляд на уголь, и перед ним плывет «огромное пурпурное облако; на светлом фоне оно становится зеленым». Он спускается с Брокена и видит, как желтые лучи заходящего солнца придают тням на снегу синий оттенок, а пурпурные превращают весь склон в сверкающий изумруд. Решив познакомиться с Гегелем, он посылает ему кусочек желтого бархата в черном бокале с запиской: «Первичный феномен рекомендует себя абсолютному». Оценил ли Гегель изящество этого поступка? Он не мог не заметить, что

благодаря игре цветных стекол в кафе (а бокал был послан именно в кафе, с соседнего столика) бархат можно было принять за красную розу.

Гёте обожал разглядывать предметы сквозь цветные стекла. Это и побудило его сказать, что красный цвет ужасен, желтый «радует глаз, расширяет сердце, бодрит дух, и мы сразу же ощущаем тепло», синий «представляет все в печальном свете», а «зеленый выглядит весьма неестественно, скорее всего потому, что небо редко бывает зеленым».

«Все живое стремится к цвету», — говорил Гёте, но из этого вовсе не следовало, что все живое стремится к одному цвету. Все хорошо, что близко к натуре, — вот что имел в виду Гёте, а вовсе не то, что надо окружать себя теми цветами, которые порождают положительные эмоции («бодрят дух»), и изгонять те, что служат источником эмоций отрицательных («представляют все в печальном свете»). Но как раз в таком духе толковали учение Гёте в годы всеобщего увлечения «могуществом цвета». И в качестве самого желанного был выбран тот самый зеленый, обилие которого показалось Гёте неестественным. Чем же этот цвет заслужил такое расположение публики и почему энтузиасты «всеобщего озеленения», поминутно ссылавшиеся на Гёте, не вчитались как следует в его слова? Для этого, оказывается, были серьезные основания.

Давно было замечено, что глаз на зеленом отдыхает. На это, например, указывал Ганс Христиан Андерсен: «Живо! Живо! — закрикала утка, и утята заторопились, кое-как выкарабкались и начали озиаться кругом, разглядывая зеленые листья лопуха; мать не мешала им — зеленый цвет полезен для глаз». Гейне в «Путешествии на Гарц» преподносит нам ту же истину как общее место. В горах он встретил человека, который долго докучал ему тем, что взялся объяснять целесообразность всего существующего в природе и, между прочим, сообщил, что «деревья зеленого цвета потому, что зеленый цвет полезен для глаз».

Прошло время, и в дело вмешалась наука. Физиолог С. В. Кравков доказал, что зеленый действительно полезен для глаз. Он усаживал человека перед экраном, освещал экран лучами разного цвета и действовал на человека «побочными раздражителями» — запахами, звуками, легкими уколами тока. Глядя на зеленый цвет,

человек становится чувствительнее к этим раздражителям. Зеленый цвет понижает давление крови в глазных сосудах. Глаз как бы отдыхает на зеленом, набирается сил и потом, если перевести взгляд на другой цвет, быстро приспосабливается к нему. На зеленом фоне мы различаем больше предметов, чем на любом другом. Зеленый, или, точнее, зелено-желтый,— своего рода оптимальный участок видимого нами спектра.

Ничего удивительного тут нет — должен быть в спектре такой участок. Первые живые существа жили в желтовато-зеленой воде, а когда вылезли на сушу, очутились среди зеленой растительности. Они смотрели на воду, на траву и на листву и, естественно, приспособились лучше всего к зеленому цвету и его оттенкам. И желтовато-зеленый участок находится как раз посреди видимого спектра. По бокам его располагаются желтый и голубой, оранжевый и синий, фиолетовый и красный. Чем дальше от него, тем утомительней для глаз.

Все научно. Все по Дарвину. Все по Андерсену. Даже по Гёте: хоть и не понравился ему зеленый, зато он первый всмотрелся в отдельные цвета и связал с ними определенные эмоции. И вот уже о зеленом цвете толкуют в школах. Один заслуженный педагог предлагает ребятам решить несколько геометрических задач. Для одних учеников задачи напечатаны на красной бумаге, для других — на белой, для третьих — на зеленой. Первая группа делает немыслимое количество ошибок, вторая — обычное, третья — будто бы почти не делает. Черные парты решено заменить зелеными. «Даже мы, медики, считавшие долгое время белый классическим цветом медицины, стали перекрашивать свои операционные в светло-зеленые тона — меньше чувствуешь усталость», — заявляет президент Медицинской академии. Нужны ли еще доказательства? У «Оргстанкинпрома», приступившего к проектированию цветных цехов, есть руководящая идея.

Итак, черный и серый — долой! Пожирают свет, маскируют грязь, нагоняют тоску. Фиолетовый темноват и мрачен. Синий, как известно, «представляет все в печальном свете». Голубой — иное дело. Приятный цвет и прохладный: голубое небо, голубая гладь воды, голубоватый снег. Будет скрадывать жару там, где температура слишком высока. На этот счет тоже имелись свидетельства. Рассказывали об одной заводской сто-

ловой, соседствовавшей с горячим цехом. Рабочие изнывали в ней от жары. Покрасили столовую в голубой цвет — стало прохладно. Вот что такое психологические ассоциации! Желтый? Неплох. Ни холоден, ни горяч, свет отражает хорошо, для глаз и души приятен. С красным же надо быть поосторожней. В основе выбранной цветовой гаммы остается зеленый со всеми своими оттенками да желтый с голубым — на вторые роли.

Механический цех у «Оргстанкинпрома» выглядел так. Потолок и верхняя часть стен белые: они должны отражать свет. Пол темно-серый или коричневый. Иным его не сделаешь, на него ведь сыплется пыль и стружка, льется масло. В остальном радикальные перемены. Оборудование и нижняя часть стен, панель, находятся на уровне глаз, тут царство зеленого. Глядя на светло-зеленые стены и на светло-зеленые неподвижные части станков, глаза будут отдыхать и без напряжения различать все, что нужно.

Глаза утомляются не только от темноты, но и от резкой перемены освещенности. Отполированная деталь отражает девять десятых света, черный пол одну десятую. Посмотрел токарь на пол, перевел взгляд на деталь и зажмурился. Вот таких резких переходов нигде быть не должно, и этого можно добиться, варьируя оттенки зеленого. Кое-что, правда, пришлось выделить из зеленого по соображениям безопасности. Движущиеся части машины приобрели кремовый цвет, а открытые коробки передач — красный. Красный цвет человек замечает прежде всех прочих, и во всех странах красный используется как сигнал об опасности. Кабину и крюк крана оргстанкинпромовцы разрисовали оранжевыми и черными полосами, их тоже хорошо видно издали. В горячих цехах преобладают прохладные тона: машины — зеленовато-голубые, печи — серебристые, стены выложены белыми плитками. Впоследствии в проекте появилось уточнение: цехам южных районов рекомендовались тона попрохладнее, цехам северных — потеплее.

ФИОЛЕТОВАЯ СТЕНА

Успех проекта, скромно названного «Культура машиностроительного предприятия», превосходит все ожидания. Ни одну новинку не внедряли с такой скоростью и

в таких масштабах. Газеты называют проект «Орг-станкинпрома» «проектом красоты» и публикуют корреспонденции под заголовком «Радуга входит в цех». В корреспонденциях мелькают цифры: на столько-то сократилось количество брака и травм, на столько-то поднялась выработка. Упоминается еще один важный показатель — уменьшение текучести рабочей силы.

Но вот проходит год, проходит полтора, как вдруг слышатся ворчливые голоса: «Была скука серая, стала тоска зеленая». В Вильнюсе, на заводе счетных машин, те же рабочие, которые еще недавно с удовольствием помогали малярам таскать ведра с зеленой краской, жалуются: «Как в больнице!» И действительно, безотрадное зрелище: стены, станки, ящики, шкафчики — все салатного цвета. Движущихся частей там нет, красноват, так что, куда ни глянь, всюду один «средне-волновый участок». Рядом, на заводе сверл, та же картина и такое же настроение.

А в Таллине, на кондитерской фабрике «Калев», с зеленью уже расстанутся. Были там и салатные тона, и слоновая кость — для прохлады, но захотелось повеселее, поярче — и пошли перекрашивать кто во что горазд. Плановики сделали себе даже красный потолок. Но тут уж вышел конфуз: вечером заходящее солнце озарило потолок, кто-то на улице решил — горит, вызвали пожарных. Самодеятельность отменили, пригласили архитекторов, устроили им мастерскую на фабрике, архитекторы составили проект реконструкции цехов, и вскоре бесформенные переплетения труб были «организованы в спокойные плоскости», уродливые выступы прикрыты изящными деревянными решетками, в цехах появился и светло-коричневый цвет, и персиковый, и лимонный. А в котельной — вот где настоящее буйство красок: серо-желтые котлы опоясаны голубыми мостками, красные, лиловые и зеленые линии труб пересекли черный потолок. Да, черный! Но ведь черный должен угнетать. Ничего подобного: угнетал белый, на его фоне разноцветные трубы выглядели, видите ли, безвкусно.

В Риге, на заводе «Саркана звайгзне», где изготовляют мопеды, тоже гордятся котельной, но в ней решено ничего не красить. Смыли зеленую краску с кирпичной кладки, окружавшей котел, да так и оставили: «пусть сама фактура играет». К цехам же подошли «сугубо ин-

дивидуально». В рамном стены лимонные, оконные проемы оранжевые: лето ли, зима ли — в цехе солнечно. На участке лакировки, где конвейер устроен так, что приходится работать в два этажа, потолок сделан небесно-голубым, и он словно бы поднялся повыше. А в цехе центровки стены стали густо-розовыми: розовый должен подбадривать работниц, занятых однообразными, монотонными операциями. И на ВЭФе, который в свое время был цитаделью «Оргстанкинпрома» и «озеленился», кажется, прежде всех в стране,— на ВЭФе уже сверкают оранжевые стены, поблескивают голубые вентиляторы, по конвейеру ползут розовые тележки с телефонными аппаратами, зеленым же сделали пол: настелили на бетон цветной пластик и разлиновали его светлыми полосами — «для ритмической перебивки».

Но самые, пожалуй, радикальные перемены произошли на маленьком заводике скобяных изделий в латвийском городке Айзпите. Пресытившись зеленью, работники завода попросили художника сделать ее менее назойливой. Инструментальный цех невелик, всего восемь станков, станки стоят у окон, света вполне достаточно. И светло-зеленый оставлен только станкам и двум стенам, а две другие стены окрашены в черный и фиолетовый цвета. И никого они не угнетают: люди смотрят на эти необычные стены в нерабочие минуты. На фиолетовом эффектно выделяются красные огнетушители, а черная стена немного углубляет цех. Рабочие одеты в желтые рубашки и фиолетовые комбинезоны. Получился целый ансамбль: станки, цех, люди.

Совсем еще недавно «Саркана звайгзне», ВЭФ, «Калев», завод в Айзпите ничем не отличались друг от друга. Они были, как все,— удручающе одинаковы и одинаково удручающи. И вот им захотелось приобрести свое лицо. Десятилетиями они мирились с бесцветностью, а одного цвета не вынесли и года. Отчего же? Ведь не ошиблись же физиологи насчет зеленого? Конечно, нет. Никто не ошибся, ни физиологи, ни Андерсен. Зеленый действительно полезен. Как витамины. Но кто питается одними витаминами?

«Озеленение» напоминает первоначальное увлечение автоматизацией и кибернетикой. «Оргстанкинпром» сделал огромное дело. Он первым заговорил о цветовом оздоровлении производства, объявил цвет важнейшим элементом культуры труда. Он сделал все, чтобы

расшатать инерцию безразличия к цвету. Даже в том, что люди принялись потом делать по-своему, его заслуга: он заставил их думать о цвете, чувствовать его. А отказались они от зеленого по той же самой причине, по которой они не могли бы долго глядеть сквозь зеленые очки. Что полезно для глаз, не всегда полезно для всей психики, да и зеленые стены не сродни лесной зелени.

Да, зеленый полезен, а черный вреден. Но цвет не существует сам по себе — без фона, который способен иногда до неузнаваемости изменить его, без освещения, без формы предмета, без линий и объемов, меняющихся в зависимости от угла зрения, без ассоциаций, которые он рождает, без множества вещей, лежащих вне физиологии и оптики. В свое время психиатры доказывали, что на импульсивных людей благотворно действует красный цвет, а не рассудительных — синий, и пытались лечить цветом нервные расстройства. Но это особый случай, временная мера. Больные тоже не питаются одними лекарствами и поправляются не от одних лекарств.

Однажды автору этих строк пришлось беседовать с психологом-колористом Н. Е. Кубасовой. Автор спросил ее, как она относится к «озеленению», переживавшему тогда свой звездный час. Вместо ответа Кубасова разложила на столе стопку красных картонных квадратиков и еще стопку квадратиков разного цвета. Потом она взяла один из красных квадратиков и положила его на серый. «Какой это цвет?» — «Алый», — ответил я. — «А это?» — Кубасова положила другой красный квадратик на синий квадрат. «Малиновый». — «А это?» — «Розовый». — «Все правильно», — сказала она. — И алый был, и малиновый, и розовый. Только все это один и тот же тон, — она назвала длину его волны, — но восприятие его меняется в зависимости от фона и от размера его собственной плоскости, видите: один квадратик побольше, другой поменьше. А бывает и обратное: разные тона могут показаться одинаковыми».

Кубасова рассказала, как одна французская фирма заказала художникам черный узор на красной, фиолетовой и голубой ткани. Когда заказ был выполнен, фирма отказалась заплатить художникам: на красном фоне узор получился зеленоватый, на фиолетовом желто-зеленый, а на голубом красноватый. На суде эксперт-

колорист доказал, что виноваты не художники, а эффект «одновременного контраста». Что же касается зеленых цехов, то Кубасова убеждена, что в каждом из них цвет получился не таким, каким его задумали проектировщики. Никто не проверил, что вышло из сочетания зеленого цвета с фоном, с размерами и формой плоскостей, с игрой цвета и тени. Получилась не гамма, а мешанина зеленых оттенков.

Цвет это не свет, которого просто должно быть достаточно, это ведь мнение, а значит, функция многих переменных, а не одной лишь длины волны. В эти переменные входит общая культура, делающая ощущение цветовых оттенков тоньше и изощренней, врожденная зрительная память, наблюдательность, воображение, побуждающее нас придавать иногда игре цветовых пятен самостоятельное значение, наконец профессиональная тренировка. Там, где мы с вами увидим один оттенок черного, опытный текстильщик различит их с десятков. От каждой переменной зависит индивидуальное восприятие цвета, вступающее во взаимодействие с меняющейся обстановкой, в которой распределен цвет.

Вы можете увидеть цвет, который присутствует в предмете, но которого не заметят другие. Можете вы и увидеть цвет, которого на самом деле нет, оказаться во власти иллюзии, вызванной какой-нибудь ассоциацией. Вон за окном, в саду, кто-то оставил красную тележку. Ах, это не тележка, а куча сухих листьев, и они вовсе не красные, а коричневые. Вы входите в ванную и замечаете, что желтый коврик лежит не на своем месте. Вы хотите его передвинуть, но оказывается, это всего лишь тень от полки. И тотчас желтый цвет мнимого коврика становится серым.

ПРОИСШЕСТВИЕ В КАФЕТЕРИИ

Подобные превращения никого не удивляют, как не удивляют и цветовые метафоры. С детства мы знаем, что есть цвета теплые и холодные, тяжелые и легкие, крикливые и спокойные, приторные и острые. Для характеристики цвета мы пользуемся ощущениями, связанными со слухом, осязанием, обонянием, вкусом. В свое время много писали об опыте с рабочими, которым психологи предложили таскать одинаковые по весу черные и белые ящики: рабочие единодушно заяви-

ли, что черные тяжелее. Черный связан у нас со всем массивным, тяжелым и печальным. А белый? Выходит, он легок и приятен. Когда как. Есть народы, у которых белый — цвет траура или которые его недолюбливают. Бывают обстоятельства, когда белый способен вызвать отвращение. На одном заводе в Чикаго построили роскошный кафетерий для служащих. Служащие заглянули туда разок-другой, и перебрались обратно в старое кафе. Там кормят вкуснее, говорили они. Администрация недоумевала: еду готовили одни и те же повара. Наконец, кто-то догадался пригласить психолога. «Здесь чересчур много белого, — сказал он. — Белый ассоциируется с больницей. Перекрасьте стены в персиковый цвет, и все будет в порядке».

Молва тут, должно быть, упростила дело: не сам белый цвет напоминал людям больницу, а его сочетание с никелированным блеском посуды, подносов и стоек. С физиологической точки зрения зеленый благоприятен, но с психологической — благоприятных цветов нет, есть только благоприятные сочетания. Вот где просчет «Оргстанкинпрома» — он думал о цвете, а не о сочетаниях.

Нелегко, очевидно, примирить физиологию с психологией, необходимость в благоприятной окраске с отвращением к неестественности и однообразию, принять в расчет все возможные ассоциации, разницу во вкусах, во врожденной восприимчивости к цвету, в культурном уровне. Тут тоже надо ориентироваться на какой-то критерий оптимальности. Не в эстетическом ли чувстве примиряются все противоречия? Не выбрать ли в качестве оптимального именно эстетический критерий и поручить «оформление» цехов тому, кто должен судить о цвете с этой позиции? Да, главным проектировщиком должен стать архитектор — специалист по эстетической организации среды.

Архитектор не оставит без внимания ни одной мелочи, отмеченной физиологами и психологами. Пользуясь их советами, он установит точные пределы всем параметрам — коэффициенту отражения, контрастности, яркости, насыщенности. С психологом-колористом он посоветуется насчет фона, а со светотехником — насчет светильников. Он изучит вкусы коллектива, проведя, быть может, целое социологическое обследование. Полезный для глаз зеленый займет подходящее ему мес-

то в согласном хоре тонов и оттенков: у него будет своя партия, но сольный концерт ему вряд ли дадут. Физиология зрения необходима архитектору, но не более, чем грамматика поэту.

Эстетический подход к производственной среде возобладал над физиологическим. В нашей стране это заслуга ВНИИТЭ — Всесоюзного научно-исследовательского института технической эстетики. Такую же эволюцию претерпели принципы цветового оформления среды и в других странах. В США, например, всё началось с теории динамического цвета. Динамисты придавали самостоятельное значение каждому цвету и стремились так подчеркнуть его, чтобы рабочий пребывал в постоянном эмоциональном напряжении. Некоторые предлагали красить цехи в белый цвет: это, мол, сэкономит много электроэнергии и заставит всех быть аккуратными. Что из этого вышло, показывает случай на одном заводе холодильных машин, где из-за ослепительной белизны уход за оборудованием превратился из побочной операции в основную. Рабочим это быстро надоело, и они вообще махнули рукой на чистоту.

Динамисты потерпели крах, и настало торжество теории оптимальных цветов, то есть уже знакомое нам «озеленение». Вызвало оно ту же реакцию, что и у нас, но замену ему американцы нашли не в эстетическом подходе, а в функциональном. Представители этого течения стремились использовать цвет только затем, чтобы выделить отдельные звенья технологического процесса. Зеленый не был отвергнут, но употреблять его стали осмотрительно. Затем появилась теория трехмерного видения. Предмет, говорили ее сторонники, должен быть хорошо виден со всех сторон. Надо четко очертить силуэт машины, контуры обрабатываемой детали, рабочую зону. Пусть машина будет хоть черной, но тогда движущиеся части будут белыми. Теория трехмерного видения не забывает ничего — ни сочетаний цвета с фоном, ни особенностей технологии, но ее творения чересчур уж рационалистичны, от них веет холодком машинной цивилизации. Им не хватает изюминки. Может быть, изюминку нашли французы — Жак Вьено и его ученики? Надо, говорил Жак Вьено, создать такой цветовой и психологический климат, где цвет давал бы человеку отдых и уверенность, инфор-

мировал о самом важном, смягчал отрицательные эмоции и объединял бы все формы в ансамбль, соответствующий характеру производства и особенностям данного помещения.

Сотрудники Вьено приходят на фабрику копировальной бумаги и узнают, что работники здесь раздражают пятна от химикалий. Решено сделать интерьер из пятнистых поверхностей. На их фоне пятна становятся невидимыми. Тут критерий один — улучшить настроение людей, все прочее ему подчинилось. А на правильной фабрике в Лилле интерьер сделали в духе местных декоративных традиций. Физиологических требований не забыли, но главным было прежде всего доставить людям радость.

На фабрике, сохранившей мануфактурные черты, народный дух, конечно, вполне уместен, но на каком-нибудь электронном заводе неестествен, ибо сама электроника интернациональна и безлика. «Оргстанкин-пром», как мы уже говорили, предложил северянам выбирать для окраски цехов цвета потеплее, южанам — попрохладнее. Но нужны ли иллюзии людям, привыкшим к своему климату? Вот если иллюзия совпадает с традицией, тогда иное дело. В Ташкенте есть завод, где цехи выдержаны в голубых тонах: узбеки любят бирюзу. Грузины же при любой погоде предпочитают тона, тяготеющие к ахроматической гамме. Между Боржоми и Бакуриани стали курсировать черно-серебряные поезда с национальным орнаментом. Пассажиры радуются: зачем им прохладно-голубые экспрессы?

Принято думать, что люди предпочитают насыщение, быстро различимые тона — неопределенность нравится редко. Очевидно, это мнение возникло в лабораторных экспериментах. В жизни все гораздо сложнее. Те, чья деятельность направлена на «внешний объект», на обработку детали или на простую сборку, нередко предпочитают теплые и яркие, подбадривающие тона, а кто имеет дело с «внутренним объектом», кому нужно сосредоточиться, выберут себе холодное и неопределенное окружение. Цвет все-таки при любых обстоятельствах не должен напоминать о себе слишком часто. Он может подчеркнуть то, что должно быть хорошо видно, но если от него ничего особенного не требуется, ему лучше оставаться в сторонке и не мозолить глаза.

Естественность прежде всего. Это девиз «теории цве-

тового круга», популярной среди архитекторов и дизайнеров ФРГ и Швейцарии. По их мнению, восприятие цвета отражает наше представление о том, как распределен цвет в природе. В природе же царит цветовой круг: от солнца к небу, от неба к земле, от красного и желтого к голубому и зеленому, от них к более темным тонам. Белый потолок, например, ненатурален, он должен быть солнечно-желтым. Несущие конструкции тоже не должны быть белыми: природа не знает белых конструкций. Кто делает вертикальные лесенки в цехах зелеными, ошибается: в природе нет зеленых вертикалей. Логично, но стоит ли освобождать цвет от одних рамок, например физиологических, и заключать его в другие — в цветовой круг? Не проще ли соединить человека с природой через прозрачные плоскости? В польском городе Калише ткацкий цех сооружен в виде длинного ряда сводов из прозрачного стекла. Правда, это автоматизированный цех. Архитектор мог себе позволить выкрасить станки, которые ткут белую ткань, в черный цвет, а потолок в серый. Зато за окном — весь цех сплошное окно! — настоящая зелень, настоящее небо. Наверно, это и есть самое правильное решение, если, конечно, за окном сад, а не стена другого цеха.

НЕУМОЛИМЫЙ ФАРШ

Создать интерьер ткацкого цеха, по правде говоря, нетрудно. А как вы справитесь с корпусом, где собирают самолеты? Это целый аэродром под крышей. Что ж, познакомимся с проектом такого аэродрома. Стены холодные, цвета морской волны: усилия сборщиков хоть и направлены на «внешний объект», но требования к точности тут самые жесткие и работа не монотонная. Лишь один торец цеха окрашен в теплый коричневый тон, это чуть-чуть укорачивает излишне вытянутый цех. Холодная плоскость всегда кажется дальше, а теплая — ближе. Если потолок низковат, его можно «поднять» холодным цветом, если высок — «понизить» теплым.

Крупномасштабному интерьеру не приличествует разноголосица цвета, и большие цветové плоскости объединены в группы. Несущие конструкции — колонны и балки — темно-синие. Архитектор решил этим двойную задачу. Во-первых, темное кажется уже светлого,

и колонны получились более изящными, чем если бы их по традиции окрасили в какой-нибудь серебристый цвет, который хорош только для самолетов да для хранилищ нефти — чтобы не перегревались на солнце. Вторых, темно-синий выразил назначение конструкции: что должно выдерживать тяжесть, и само должно быть тяжелым. Среди колонн видны фигурки рабочих в синих комбинезонах и фигурка мастера в желтой блузе. На фоне общей синевы его хорошо видно издалека.

Проект сборочного корпуса создан по методике проектирования промышленных интерьеров, разработанной во ВНИИТЭ и представляющей собой единство художественного и функционального. Следуя этой методике, архитектор делит интерьер на четыре главные части, отличающиеся друг от друга назначением и эстетическими возможностями. Первая — это строительные конструкции: потолок, стены, перекрытия, перегородки. Они занимают больше всего места, им и задавать тон в общей гамме. Если физические усилия невелики и работа требует внимания, гамма будет тяготеть к прохладным и ненасыщенным тонам. ВНИИТЭ предлагает на выбор десяток тонов — голубой, бледно-желтый, бледно-зеленый, серый и так далее. Умелое сочетание этих тонов создаст основу для цветового комфорта.

Правда, и от этих ненавязчивых тонов надо иногда отдохнуть, а глаз лучше всего отдыхает на дополнительном цвете. Но бледную гамму дополняют цвета резкие, тяжелые — пурпурный, фиолетовый. Фиолетовые стены — дело все-таки рискованное. «Компенсирующие» плоскости лучше составлять из нескольких менее резких тонов. Ощущение любого цвета можно получить, соединив в пространстве два его элемента. Сочетание голубого с оранжевым даст ощущение пурпурного, а синего с желтым — фиолетового. Такие сочетания менее назойливы, чем одиночный резкий цвет; они же и помогают установить оптимальную освещенность: в окружении светлых плоскостей глаз не устает ни от недостатка света, ни от чрезмерной яркости светильников, ни от контраста между источником света и фоном.

В небольшом цехе стоят машины разных габаритов, оборудование с эстетической точки зрения расставлено беспорядочно, коммуникации переплетены хаотически. А на «аэродроме» из-за множества колонн, стоящих на одном и том же расстоянии друг от друга, напротив,

тягостное однообразие. В первом случае архитектору поможет «метрический ритм» — чередование окрашенных в один цвет колонн через одинаковые интервалы. Их четкий шаг подавит хаос и организует интерьер. В длинном пролете цеха отлично будут смотреться зеленоватые станки на фоне бледно-желтой стены и темно-красных колонн. Если же, наоборот, нужно побороть однообразие, в ход пойдет «нарастающий ритм», выделяющий цветом отдельные участки интерьера. Если ритмическое выделение совпадет с технологическим, совсем хорошо: излишне крупный цех как бы разобьется на тричетыре цеха помельче.

Следующая часть — рабочая зона. Тут владычествует физиология. Глаза и мозг тут только работают, а не отдыхают. Но кроме зеленых тонов, тут можно встретить и серые, и синие, и кремовые — всего восемь тонов, как холодных, так и теплых. Один тон может пойти на самую крупную поверхность — на корпус станка, например, остальные же, объединяя зону в законченное целое, распределятся среди движущихся частей, рабочей мебели и органов управления. Чаше всего оборудование располагается в технологическом потоке по группам: есть токарный участок, есть фрезерный, шлифовальный. Гамма из восьми цветов дает возможность выделить каждую группу и в то же время связать их в единый поток.

Конечно, практика может внести в проект самые неожиданные поправки, из-за которых от первоначального замысла останется не так уж много. Когда американцы переживали пору «озеленения», на одном заводе произошел казус: детали из зеленого пластика слились с зелеными станками: пришлось всю рабочую зону перекрашивать в розовый цвет. А на ламповом заводе фирмы «Дженерал электрик» в цехе, окрашенном в голубые тона, стало невидимым голубое пламя горелок — основной инструмент рабочих. Пришлось поступиться и физиологией и эстетикой — сделать цех оранжевым. Зная об этих казусах, наши дизайнеры решили было снабжать каждого рабочего комплектом разноцветных экранов из пластика. Для обработки голубоватых холодных материалов, стали или алюминия хорошо будет желтоватый экран, для меди и латуни — серо-синий, для красного пластика — белый. И видно все будет отчетливо, и рабочая зона с ее приглушенными средними

волнами станет привлекательной. Нет, рабочая зона все-таки единое целое, и в ней каждый элемент связан с другим. И сама она — элемент, связанный с другими зонами, со всем интерьером. Уж чего проще создать оптимальную рабочую зону для токарной обработки. Цвет обрабатываемой детали почти белый. Из-за люминесцентных ламп он приобретает голубоватый оттенок. Значит, ему нужен теплый, светло-бежевый экран. Таким экраном лучше всего сделать заднюю стенку станка. Сменные экраны токарю не нужны: годами он обрабатывает одни и те же стальные втулки. Но если будет постоянный теплый экран, корпус станка надо окрасить в серо-голубой компенсирующий цвет. А раз корпус стал серо-голубым, то по соображениям композиции голубой должна стать и вся зона — тумбочка, электрошкаф, тара с заготовками. Холодная, неудобная зона! Надо утеплить ее. Как же? А вот как: одна стена будет горчично-охристой, а колонны терракотовыми. Так бесцветная деталь продиктовала всю цветовую гамму цеха, в которой «полезному» цвету и вовсе не нашлось никакого места. Но ведь эта гамма оптимальна со всех точек зрения.

Зеленым будет наслаждаться не токарь, а обмотчик статоров. День-деньской обмотчик работает среди красно-коричневых поверхностей основы статора и красно-оранжевой медной обмотки. Как вы избавите его от назойливой красноты? Внутри статора, где он работает, ничего не сделаешь. Остается одно: устроить так, чтобы, когда он вылезет из статора, глаз его отдохнул на зеленой или голубой стене. А что вы предложите рабочему прокатного цеха, который целый день видит перед собой непрерывную вишнево-красную полосу? В ее оранжевом сиянии меркнет вся холодная голубизна и зелень стен. Пробовали освещать стены холодным светом — глаза утомляются от световых контрастов. Как ни странно, лучше всего ввести в горячий цех теплые тона и расположить их поближе к огненной полосе. Получится плавный переход от горячего к холодному. Тут будет уместен и серый, и коричневый, и зеленый с теплым оттенком. Некоторые даже предлагают покрасить сам прокатный стан в приглушенно-красный цвет. Получается неплохо: человек переводит взгляд с ярко-красного на приглушенный красный, потом на зеленый и, наконец, на голубовато-зеленый. Как бегун, который,

пролетев стремглав стометровку, переходит на медленный бег, потом на шаг и уж потом останавливается.

Несколько лет назад архитекторам из ВНИИТЭ пришлось заниматься сосисочным отделением на Московском мясокомбинате. Там тоже есть «обрабатываемая деталь» — фарш. Цвет у него светло-коричневый с неприятным синеватым оттенком. Включить в рабочую зону дополнительные тона невозможно: фарш должен соприкасаться только с никелированными поверхностями, а они лишь усиливают синеву. Выход был найден в той же многоступенчатой компенсации, в постепенном переходе от синеватого фарша к светло-бежевым мясорубкам, которые прежде были ярко-красными, а от них — к насыщенному терракотовому цвету близлежащих поверхностей. Терракотовыми сделали и ручные тележки. Новая цветовая гамма усилила светло-коричневый цвет фарша, и неприятный оттенок пропал. Но от обилия терракотового глаз тоже утомляется: чтобы он отдыхал, стены цеха выложили ярко-голубыми плитками. Переход, конечно, резковат, но взгляд не сразу падает на плитки, а задерживается чуть-чуть на колоннах и простенках, окрашенных под слоновую кость. Таков интерьер, продиктованный необходимостью устранить неприятный оттенок «обрабатываемой детали». Тот же критерий, что и в истории с пятнами от калиевых, — избавление от отрицательных эмоций.

Третья и четвертая части интерьера — коммуникации и транспортные средства. Коммуникации — это трубы, шланги, провода, по которым к рабочим местам поступают сжатый воздух, газ, кислород, вода, масло, электроэнергия. Все цвета для коммуникаций узаконены стандартами. Маслопроводы, например, всегда коричневые. Сделано это для того, чтобы при аварии не тратить лишних секунд на поиски неисправностей. Но как сочетать эту узаконенную гамму с той, которую наметил архитектор? Тут можно только одни цвета сделать поярче, а другие поглуше. В отделке транспортных средств тоже не до эстетики: главное — предупредить человека об опасности. Ничего красивого нет в оранжевых комбинезонах дорожных рабочих, зато водителю они видны издалека. И под ярко-красный автогрейдер попасть нелегко. Но цех не улица, тут яркие пятна внесут дисгармонию в общий ансамбль. Чтобы избежать этого, архитектор покрасит в предупреждающий цвет

не кабину мостового крана, как это делали раньше, ибо кабина никому не угрожает, а только крюк, и не весь автокар, а только его края.

Предупреждающие сигналы тоже узаконены стандартами: зеленый — безопасность, желто-оранжевый — внимание, красный — опасность. Если сигнал раздражает, цвет и фон можно менять местами. Красный и зеленый обычно связаны с белым фоном, но, как заметили психологи, восприятие сигнала остается неизменным, если об опасности просигнализирует белый цвет на красном фоне, а о безопасности — белый на зеленом. Только надо сохранить привычную для сигнала форму: для красного — круг, а для зеленого — прямоугольник.

Такова в общих чертах суть метода ВНИИТЭ, благодаря которому архитектор может создать в любой обстановке цветовой комфорт. Ни в цехе сборки самолетов, ни на «Запорожстали», ни на мясокомбинате, ни в других цехах, реконструированных по проектам ВНИИТЭ и художественно-конструкторских бюро, никто не жалуется больше ни на скуку серую, ни на тоску зеленую. Слово «реконструированный» мы употребили здесь не случайно. Цехи действительно реконструируются, причем архитекторы вмешиваются непосредственно в организацию производства.

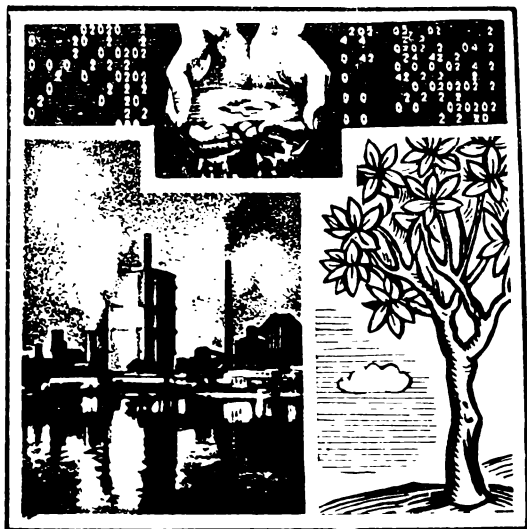
Когда архитекторы из Московского художественно-конструкторского бюро прибыли в фильерный цех Кунцевского игольно-платинового завода, они увидели там не только засилье зелени, но и полный хаос в технологических и транспортных потоках. Архитекторы предложили свой вариант технологической цепочки, оказавшийся, по мнению инженеров, наилучшим. Деревянные перегородки, отделявшие один участок от другого, убрали и легкими оградами из стеклоалюминия разделили цех на две зоны. Повесили потолки из алюминиевых листов, в них встроили светильники из молочного стекла. Потом принялись за цвет. Именно потом! Мы начали свой рассказ с цвета по соображениям хронологии: преобразование производственной среды начиналось с цвета. Но архитектор, как ему и полагается, начинает с пространства.

К сожалению, в старом здании, вроде того же игольно-платинового завода, «Калева» или мясокомбината, с реконструкцией не очень-то развернешься. Новое вино приходится наливать в старые мехи — втискивать по-

вый интерьер в не предназначенный для него объем, мириться с тесными пролетами, маленькими окнами, приспособливаться к годами отработанной технологии и давным-давно установленному оборудованию. Многие десятилетия промышленная архитектура влачила жалкое существование. Строили, как сказал поэт, «то в стиле барокко, то в стиле барака». Последнее — по преимуществу: недаром здания цехов официально именовались коробками. В начале 60-х годов наступил перелом. Решено было строить новые заводы и фабрики по тщательно продуманным архитектурным проектам, а существующие предприятия подвергнуть серьезной реконструкции: перекрыть начинку «коробок» насколько возможно. Перекрыть помогло изобретение манипуляторов, подвесных конвейеров, самоходных кранов. Легкий «напольный» транспорт помог избавиться от исполинских мостовых кранов, а вместе с ними и от частотола колонн, поддерживающих подкрановые пути. Все трубы и провода стали убирать в особый технический этаж, устраиваемый над цехом и отделенный от него легкими плитами из пластобетона.

Опыт реконструкции старых предприятий помог выработать подход к проектированию новых. Что такое обычный завод? Скопище цехов, возведенных в разное время, расположенных беспорядочно и соединенных запутанными транспортными путями. Теперь все цехи, все лаборатории и отделы стараются объединить в одном большом одноэтажном корпусе, рядом с которым стоит красивая башня — административный корпус. Связи между всеми звеньями подчинены технологическому циклу: ни материалы, ни продукция, ни информация не должны петлять. И в то же время схема не закреплена намертво. Изменился вид продукции, изменилась технология — перекраивай здание, как тебе нужно. Стены внутри зданий «легки на подъем»: это навесные конструкции из стеклобетона, стеклопластика, пластобетона. Не нужны больше ни «удаляющиеся», ни «приближающиеся» цвета — все удаляется и приближается по настоящему.

Часть вторая



ТРАКТОРИСТ В КАТАПУЛЬТЕ

Лет двадцать назад среди энтузиастов технической эстетики было популярно имя чешского физиолога Петра Тучны. Доктор Тучны объявил, что люди не умеют пользоваться ни лопатой, ни пилой, ни рубанком, ни ножницами. У инструментов рукоятки неправильные, вредные для рук! Тучны исследовал напряжение всех мышц, сам поработал землекопом, проверяя свои идеи на собственных мозолях, затем предложил конструкторам переделать рукоятки по его образцам. Образцы были необычны. Ручка лопаты, например, была сделана в виде трехгранной призмы. Призма эта будто бы не натирает мозолей, не сдавливает сосудов, ладонь и все мышцы устают от нее меньше, чем от круглой палки.

Не меньшую сенсацию произвел в те же годы шведский врач-гигиенист Акерблом, который изучил все на свете стулья, табуретки, скамейки и кресла, а затем заявил во всеуслышание, что «пять тысяч лет мы сидим неправильно». Он вычертил оптимальную линию стула, вошедшую в справочники под названием линии Акерблома. По его мысли, мы должны опираться на согнутую под определенным углом стенку не лопатками, а

поясницей, и сидеть на слегка приподнятых спереди сиденьях. Руки должны покоиться на подлокотниках, а ноги упираться в подножки. Все это, возможно, было и верно, но ведь у всех у нас разный рост, разная комплекция, разные привычки. Один известный философ ухитрялся даже на званых обедах сидеть на любом стуле только по-турецки и бессмертные свои творения писал тоже сидя по-турецки или поджав ногу. А характер работы, а назначение стула! Для обеденного стола один стул, для письменного другой, для служебного помещения третий. Может, снабдить все стулья механизмами для регулировки всех углов и размеров? Сложно. Очевидно, нужно поискать оптимальные варианты для стульев разного типа и назначения. Такие варианты и ищет созданный у нас в начале 70-х годов Проектно-конструкторский и технологический институт мебели. А в Вильнюсе сконструировали стенд, на котором исследуют удобство всех новых стульев и кресел. Измеряя углы и размеры всех деталей, мебельщики сопоставляют найденные величины с требованиями антропометрии и физиологии и проверяют качество своей продукции на испытуемых. Человек садится на стул, его облепляют датчиками, и чуткие приборы показывают степень усталости каждой мышцы, каждой группы нервов. К производству рекомендуются только те стулья или кресла, которые утомляют человека меньше всего.

Решение как будто найдено. И ведь несколько нас не удивляет ни создание специального института мебели, ни стенд, ни вообще научный подход к «процессу сидения». Как быстро привыкаем мы к полезным и разумным новшествам и забываем, что не так уж давно рекламировалась совсем противоположная затея — создание универсальной рабочей мебели из унифицированных элементов. Группа изобретателей вспомнила свою детскую игрушку «Конструктор». Технология, рассуждали они, меняется быстро, приспособлять к этим переменам рабочую мебель никто не успевает: сегодня токарь работает за одним станком, завтра за другим, и все у него должно быть другое — и стол, и стул, и шкаф для инструментов, и стеллаж. Что же, выбрасывать старую мебель? Каждому заводу надо приобрести себе новый «Конструктор»: планки с дырками и без дырок, швеллеры, уголки — всего шестьдесят деталей. Из таких комплектов можно комбинировать

любые столы, стулья, верстаки, даже тележки. Мебель любой формы и для любой работы — быстро, дешево, удобно!

Быстро и дешево получилось, но удобства — никакого. Вместо стула выходила железная табуретка, про которую один знаменитый в те годы токарь сказал: «Сидеть бы рад — присаживаться тошно!» Узнав про «Конструктор», гигиенисты и физиологи пришли в негодование и наложили на него запрет, благо было у них уже такое право. Гигиенистам и физиологам было хорошо известно, что такое статические нагрузки. Вот сидит у обувного конвейера работница, берет заготовку и забивает в нее молоточком три гвоздика. Чепуховое дело! Но работница жалуется и не на боль в руках, а на боль в плече и в пояснице. Вынужденная поза! Напряжены одни и те же мышцы, сдавлены одни и те же сосуды, ~~они~~ и те же ткани испытывают нехватку кислорода. Этой обувщице тяжелее, чем пыльщику, каменотесу или монтажнику: те непрерывно меняют позу. Они устают, конечно, но не так, как она. У них усталость здоровая, а у нее нездоровая. Машины и механизмы освободили людей от динамической работы, таскания тяжестей, от молота и кувалды, но не от физических нагрузок. Нагрузки стали порой тяжелее, а на смену мозолям пришел радикулит. Оттого и жаждут люди поразмяться, а врачи придумывают для них один комплекс упражнений за другим. Но прежде всего надо найти для них позы, которые вызывали бы минимум статических нагрузок — самых вредных. Вот ради чего и ведутся поиски удобной мебели для каждого вида работы, а гигиенисты и физиологи чертят таблицы-рекомендации, в которых отражены связи между усилиями и позой, ростом человека и высотой стула, станка, верстака, пульты.

В сенсационной гиперболе Акерблома была доля истины. Десятки лет прядильщицы выполняли одну и ту же работу — меняли веретена и устраняли обрывы нитей, сидя в общей сложности часа по два в день согнувшись в три погибели. И ни конструкторы, проектировавшие низкие прядильные машины, ни сами прядильщицы — вот что удивительнее всего! — никто не догадывался подложить под машину подставку. Откуда этот поразительный феномен — слепота на элементарное неудобство? И почему это неудобство сразу заме-

тил случайно оказавшийся на фабрике физиолог? Почему ни одному конструктору не пришло в голову сделать выносной пульт у шлифовального станка и перенести на него хотя бы две кнопки «пуск» и «стоп»? Это пришло в голову тем же физиологам, и, когда пульт был отделен от станка, шлифовщики перестали нагибаться полторы тысячи раз за смену и забыли, наконец, о ломоте в пояснице. И таких открытий врачи и физиологи сделали немало. А сделав и добившись признания у проектировщиков, которым сначала не очень-то все это было по душе, получили право запрещать выпуск вредных машин и оборудования для рабочих мест.

Когда врачи вскарабкались на трактор, они пришли в ужас. То, на чем сидел тракторист, официально именовалось «металлическим листом в форме чаши или плоской полужесткой подушкой». На этой чаше ухитрялись сидеть, когда трактор шел медленно, но, когда он набирал скорость, чаша начинала трястись, с нею трясясь тракторист и быстро сползал с нее. Ясное дело, что он предпочитал водить машину на черепашьей скорости. Инженеры стали искать управу на вибрацию. Копировали автомобильные системы поддрессоривания — трясло. Делали сиденья на пружинах — трясло еще сильнее, выбрасывало в воздух, как из катапульты: колебания сиденья совпадали с колебаниями машины. Три года бились над сиденьем минские изобретатели. Три года физиологи облепляли трактористов-испытателей датчиками, собирая сведения о нагрузках, модель за моделью испытывали на стенде, имитирующем все виды тряски. Но уж сиденье вышло на славу — «двухместное, поддрессоренное, параллелограммного типа, с упругими элементами и гидравлическим гасителем вибраций». И правда, вибрации погашены. И все регулируется — и прогиб, и высота, и жесткость. Одного испытателя целый день уговаривали «пострадать за науку» — взобраться на сиденье и включить тридцатикилометровую скорость. До тех пор ходили трактора на десяти километрах — больше никто не выдерживал. Надел испытатель чистое исподнее, обнял жену и малых деток, уселся в трактор, включил скорость, трактор помчался, а тракторист сначала долго сидел с открытым ртом, а потом спохватился, остановил машину, вылез и попросил ушипнуть его и сказать, что это был

не сон. Так появился первенец комфортабельных наших тракторов МТ-80.

Сиденье изобретено! Надо снабдить им все сельскохозяйственные орудия: у некоторых и чаш-то нет, люди работают стоя. У половины мелких тракторов нет кабин, а если и есть, то это железные коробки, в которых человек задыхается от тесноты, жары, пыли и газов. Нужна кабина, а не коробка, с изоляцией от шума, с широкими окнами и хорошей вентиляцией, может, даже с кондиционером. Первый шаг — трактор Т-125. Отличная кабина! Правда, без кондиционера, но зато и без частокола рычагов, рукояток, педалей, которые трактористы называли «органами утомления»: до них надо было дотягиваться, то и дело вскакивая с чаши, а дотянувшись, нажимать изо всех сил. Рычагов стало втрое меньше: большинство из них заменили легкими переключателями и расположили не кое-как, а в «зоне максимальной досягаемости». Еще год-другой, и вот уже по полям Кубани и Поволжья поползли походные медицинские лаборатории, оборудованные телеметрической аппаратурой. Трактористы и механизаторы испытывают новую сельскохозяйственную технику, а датчики посылают врачам сведения об их дыхании, о частоте пульса, о мышечных нагрузках. Удобно ли им работать, не утомляют ли их статические нагрузки?

Но отчего все-таки внимание к рабочей позе и вообще к рабочему месту пробудилось так поздно? Неужели никто прежде не замечал неудобств, а конструкторы не видели элементарных своих просчетов? Не видели! Каждый ведь проектировал не машину, а какую-то ее часть. Целые коллективы создают трактор или станок. Иначе нельзя: специализация. И тракторист, шлифовщик, прядильщик тоже не замечали неудобств: они еще в училище, осваивая свою машину, свыкались со всеми ее особенностями и подчинились ей с самого начала. Увидеть машину целиком может лишь тот, кто подходит к ней со стороны и судит о ней с точки зрения безопасности, удобства и комфорта, кто убежден, что не человек должен подчиняться машине, а машина человеку.

Так возникает идея «очеловечивания» машины. Но гигиенист или физиолог не способны реализовать ее. Они могут увидеть недостатки, могут сказать, что именно следует исправить в машине, но как исправить —

им не всегда известно. Для перестройки машины требуется человек, который воспринимает конструкцию как единую форму и который умеет такие формы создавать, подходя к ним с позиций не только утилитарных или функциональных, но и эстетических. Этот человек — дизайнер.

ЛОШАДИНАЯ КОМИССИЯ

Правила, которыми ученый руководствуется при выборе верного решения, говорил французский математик Анри Пуанкаре, бывают настолько деликатны и тонки, что их почти невозможно выразить словами, их можно только чувствовать. Но разве математические доказательства связаны с чувством, а не с интеллектом? В том-то и дело, что не только с интеллектом. Есть еще чувство математической гармонии чисел и форм, ощущение геометрической выразительности. Среди комбинаций, которые бессознательно образуются у нас при решении задач, большинство неинтересно и бесполезно. Они не могут воздействовать на наше эстетическое чувство, и поэтому никогда не будут осознаны. Только изящные, гармоничные комбинации способны возбудить геометрическую интуицию и благодаря ей проявятся в сознании. Когда интуитивная гипотеза не выдерживает проверки, про нее говорят с сожалением: если бы она была верна, она бы удовлетворила нашему чувству изящества. Эстетическое чувство — своеобразный фильтр идей. Кто его лишен, утверждал Пуанкаре, никогда не станет в математике подлинным творцом.

Самая верная комбинация — это и самая красивая: ее элементы расположены так гармонично, что ум без труда охватывает целое со всеми его частями. «Хотя, кажется, нет никаких особых причин считать, что Вселенная устроена просто, все же лучше предполагать, что это именно так», — писал физик Д. Томсон. Усложнение не ведет к пониманию. Геоцентрическая модель Птолемея позволяла предсказывать положения планет на небосводе, но была сложной и требовала громоздких расчетов. Гелиоцентрическая модель оказалась и ближе к истине и проще. Система Коперника красивее системы Птолемея. Красивы законы Кеплера, так как они дают в сжатой форме ключевую характеристи-

ку сложных движений планет. Красив закон тяготения Ньютона, говорящий, что и движение планет, и падение камня, и течение реки определяются простой зависимостью.

Разве пуст и бесцветен математический интеграл? «Конечно,— говорит физик Е. Л. Фейнберг,— при повседневном употреблении им не любуются, как не любуются музыкальной гаммой или палитрой красок. Но... само понятие интеграла полно красоты— это удивительное соединение бесконечно многих элементов... Соединение, которое умест отлиться в определенную форму конечной величины. Интеграл, этот емкий сгусток самых разнообразных процессов и явлений, был плодом невероятного взрыва творческой фантазии Лейбница и Ньютона, которые создали это чудо».

Все крупные ученые ищут поддержку в искусстве. Образы, вызванные эстетическим созерцанием, помогают рождению новых идей. Они связывают между собой далекие явления, порождают смелые аналогии, напоминают о гармонии, не доступной систематическому анализу. Фейнберг убежден, что Эйнштейн поверил в правильность своей общей теории относительности прежде всего потому, что увидел ее внутреннее изящество и гармоничность. Да и сам Эйнштейн говорил, что всякая физическая теория «должна быть такой, чтобы ее, помимо всяких расчетов, можно было проиллюстрировать с помощью простейших образов, чтобы даже ребенок мог ее понять».

Когда речь заходит об архитектурном или инженерном сооружении, часто слышишь те же соображения: изящество — это минимум средств для максимального выражения содержания; гармоническая стройность позволяет уму объять предмет сразу и целиком. Математики восторгаются лаконичными формулами. Всякую машину можно назвать формулой, отлитой в форму; ее восприятие обусловлено тем, насколько изящно выражено ее назначение, насколько удобна она в обращении, то есть сколько усилий понадобится нам для того, чтобы пользоваться ею, гармонирует ли она с тем, что окружает ее и что мы называем стилем эпохи.

Однажды на ВДНХ обсуждался новый комбайн для уборки кукурузы. Комбайн с кашляющим названием ККХ-3 на вид был весьма непригляден. «В нем не чувствуется культуры формы,— сказал тогда один дизай-

нер.— Посмотрите, силуэт совершенно неорганизован, это груда разнообъемных элементов. Элементы зрительно между собой не связаны, и от этого получается ощущение неуравновешенности. Уверен, что он будет плохо работать». Другой же дизайнер подметил у трактора Т-125, который был воспет в предыдущей главе, уродливую трубу перед самым носом тракториста; без особых хлопот ее можно было поместить позади кабины.

Беда в том, что комбайн и трактор проектировали по кусочкам десятки людей, и не было среди них человека, который отвечал бы за форму в целом. Известный английский дизайнер Фрэнк Эшфорд сказал по аналогичному поводу: «Верблюд — это лошадь, созданная целой комиссией».

Мы восхищаемся красотой и изяществом современных самолетов и океанских пароходов. А ведь их тоже создавали «комиссии», да еще весьма многочисленные, и об эстетической их стороне никто особой заботы не проявлял. Зато о ней позаботились неумолимые законы аэродинамики и гидродинамики, заставлявшие каждого члена «комиссии» стремиться к одному и тому же — убирать и убирать все лишнее, все, «что не есть лицо». В процессе проектирования самолета, говорит авиаконструктор О. К. Антонов, его первоначальные формы «волей-неволей гармонизируются, облагораживаются, приобретают стремительность, элегантную законченность и даже певучесть».

Если же «комиссия» не испытывает столь сурового давления физических законов, ей далеко не всегда удастся избежать «верблюжьих горбов». Это расплата за специализацию, за безвозвратный уход от доброго старого времени, когда мастер делал вещь целиком, делал один, и вещь эта, будучи даже токарным станком, могла обрести бессмертие в качестве драгоценного произведения искусства. Таков станок Нартова, находящийся в Эрмитаже.

На заре массового производства люди еще воспринимали каждую новинку как техническое чудо и довольствовались тем, что экипаж едет «сам», швейная машинка шьет «сама», а из невзрачной черной тарелки «сами собой» раздаются звуки. Вот перед нами снимок первого русского автомобиля, демонстрировавшегося в 1896 году на Всероссийской выставке в Нижнем Нов-

городе. Извозчичья коляска с моторчиком называлась тогда в газете изящной и легкой. Сегодня мы награждаем такими эпитетами автомобили, как можно меньше похожие на коляску. Их облик должен говорить нам о скорости, комфорте, безопасности. Сам облик! В журнале «Техническая эстетика» чешские дизайнеры показывают, как менялся год от году облик их знаменитой «Татры». Силуэт первого образца они наложили на силуэт фаэтона — силуэты почти совпали. Силуэт же последнего образца совпадал только со стремительно летящим гепардом. В автомобилестроении законы аэродинамики менее суровы, чем в авиации, но автомобиль стал предметом массового потребления, а к таким предметам предъявляются особые требования, среди которых эстетические задают тон. Приобретая холодильник, мы обращаем внимание не только на его объем, но и на его форму и даже на цвет. Мы прикидываем, как он впишется в неповторимый ансамбль нашей прелестной малогабаритной кухни.

Эти требования и вызвали к жизни дизайн. Слово «дизайн» английское, значений у него несколько, но то, что вкладывают в него сегодня, означает художественное проектирование. Первые дизайнеры были по образованию архитекторами, специалистами по оформлению книг, по рекламе, модельерами, театральными художниками. Начали они с потребительских товаров, а затем перешли и к продукции тяжелой промышленности.

У нас дизайн начал развиваться еще в 20-х годах, так же как в США и Западной Европе. Затем был период застоя, усиленный тяготами войны и послевоенных лет. Возрождение началось в начале 60-х, когда под руководством ВНИИТЭ развернули работу художественно-конструкторские бюро в Москве, Ленинграде, Риге, Свердловске и других промышленных центрах. Художественное конструирование вошло в систему технической эстетики.

Правда, элементы дизайна начали появляться в некоторых отраслях промышленности еще раньше. Специализация давно угнетала проектировщиков, лишенных того удовлетворения, которое испытывал старинный мастер, ощущавший себя одновременно и инженером, и архитектором, и скульптором. Мне вспоминается, с каким увлечением сотрудники Гипрокаучука принялись за модельное проектирование — стали выре-

зять из полистирола кубики, планки, трубочки и собирать из них макеты химических цехов. Цех был как на ладони — колонны, резервуары, даже лесенки с перильцами и фигурки рабочих в комбинезонах. Правда, модельное проектирование было вызвано к жизни не эстетическими, а экономическими причинами. Чертежи проекта делаются месяцами, технология, положенная в основу проекта, стареет, и завод, который сооружается по такому проекту, — уже завод вчерашнего дня. Когда чертежи приходят на стройку, в них обнаруживаются сотни ошибок, и хорошо, если до монтажа: часто приходится переделывать цех, а не чертежи. «Вот идет трубопровод, — жалуется прораб, показывая на чертеж участка. — Вот он продолжается. А вот он пропал — как в воду канул». Проект завода — сотни синек, сотни листов. На каждом все как будто верно, а соединил их вместе — то трубопровод проваливается сквозь землю, то колонна прошибает потолок. Винить некого: каждый проектировщик видит свою трубу и свою колонну. На макете же видны все трубы и все колонны. Решено: на стройку будет отправляться не вагон синек, а модель цеха или завода. Миллионная экономия на скорости проектирования, на своевременном запуске новой технологии, на отсутствии досадных переделок.

А вот и наши старые знакомцы — оргстанкинпромовцы. Они начинают мастерить модели станков, транспортеров, манипуляторов. С моделями можно быстро отыскать наилучший вариант размещения оборудования в цехе. Вариант переносится на листы кальки с изображением цеха, листы фотографируют и снимки отсылают строителям. Когда человек, даже если он не архитектор, не дизайнер, начинает мыслить объемными образами и видит не только свою трубу, но и законченное целое, он ощущает себя творцом этого целого. Он получает эстетическое наслаждение, а вместе с ним и импульсы для нового творчества... Но как же работает настоящий дизайнер? Как превращает он замысел инженера в своеобразный сплав техники и искусства? Сколько же надо знать ему, чтобы давать верную оценку и целому и подробностям, и как тонко должен он чувствовать все это!

С первого же курса студенты Строгановского училища в Москве и Мухинского в Ленинграде, готовя себя к профессии дизайнера, работают за токарным станком, постигают основы столярного и слесарного дела, орудуют паяльником и плоскогубцами, лепят модели тепловозов и станков из пластилина и гипса, вырезают их из дерева и отливают в формах. Их девиз: «Машину, которую ты проектируешь, ты должен уметь сделать сам». Но это лишь начало. Они учатся рисовать, чертить и фотографировать. Они знакомятся с основами математики, физики, химии, механики, автоматики, электроники, с новейшими направлениями в технологии и конструировании, со свойствами металлов и пластмасс. Они изучают историю искусства, историю композиции, типы объемно-пространственных структур, психологию восприятия цвета и форм. Дизайнер должен знать все, что знает инженер-конструктор, архитектор, скульптор, психолог, социолог.

Дизайнер должен и уметь выразить все — легкость, прочность, надежность, стремительность, спокойствие. Однажды в эпоху своего ученичества американские дизайнеры придали станкам обтекаемую форму. Этот казус «вошел во все учебники». С психологической точки зрения основное «содержание» станка — мощь и устойчивость. А обтекаемый станок словно стремился тронуться в путь. Станкам приличествуют формы кубические и пирамидальные. По какому признаку можно судить, например, об уравновешенности карусельного станка — гиганта высотой с трехэтажный дом? По отношению высоты портала к ширине, отвечает нам дизайнер, и по отношению площади планшайбы — диска, где закрепляется деталь, — ко всему станку. Если гармония нарушена, станок выглядит громоздким, планшайба кажется крошечной по сравнению с массой остальных частей, и рабочий ощущает недоверие к этому сооружению.

«Содержание» станка можно выразить и цветом. Разумно подобранный цвет рукояток, кнопок, крышек объединит разрозненные объемы, привлечет внимание к деталям и к органам управления. Об устойчивости и жесткости напомним широкая полоса теплого тона у основания станка, а темная полоса на суппорте, который дер-

жит резец, в сочетании с полосой на коробке скоростей уравновесит всю композицию. Рабочий почувствует, что перед ним надежная и послушная машина.

Дизайнеру известно, каким сочетанием цвета и форм люди отдают предпочтение в тех или иных обстоятельствах, какие бывают виды симметрии и когда уместно чуть-чуть нарушить продиктованную чисто инженерными задачами симметрию, чтобы структура обрела капельку жизни и тепла, ибо абсолютная симметрия чужда природе и людям. В японском городе Никко есть ворота, которые японцы называют самыми красивыми в их стране. Это необычайно сложное сооружение со множеством фронтонов, изумительной резьбой и большим количеством колонн, на основании которых вырезаны головы драконов и фигурки божков. Приглядевшись, путешественник различит, что фигурки на некоторых колоннах вырезаны вверх ногами. В остальном все рисунки симметричны. Как гласит предание, это было сделано для того, чтобы боги не заподозрили человека в совершенстве и не стали завидовать ему.

Но человек не стремится к абсолютной симметрии — совершенство заключено не в ней, а в тех пропорциях, которые наилучшим образом выражают сущность творения. Недаром, быть может, и наш мозг асимметричен, если не анатомически, то функционально: одно полушарие более склонно к логическим рассуждениям, другое — к мышлению образами. Об этом дизайнеры знают тоже. Известно им, и как человек воспринимает линейные элементы — горизонтальные и вертикальные, прямые и кривые. Зрительно восприятие инстинктивно ищет последовательности, поэтому горизонтальные элементы кажутся нам нормой, и глаз утомляется от горизонталей меньше, чем от вертикалей. На вертикалях глаз задерживается дольше, но зато и впечатление от них получается резче. Наклонная линия, кажущаяся еще более далекой от нормы, требует еще большего усилия. Если в схеме железнодорожного вагона или автобуса подчеркнуты вертикальные элементы, при движении взгляд будет задерживаться на них, и вагон или автобус покажутся нам статичными: форма придет в противоречие с назначением. Преобладание быстро плывущих горизонталей создает впечатление скорости и легкости. Станок и верстак должны стоять, поезд и автомобиль — мчаться.

Знание психологии восприятия помогает дизайнеру

найти общий язык с потребителем. А с инженером? На двух языках должен говорить дизайнер, и второй потруднее первого. Берясь за проектирование станка, дизайнер заботится о том, чтобы рабочему было удобно управлять станком, удобно загружать и разгружать изделия, замерять детали, убирать стружку. Но как на это все посмотрит технолог? Если усовершенствованный дизайнером станок будет трудно и невыгодно изготавливать в серийном производстве, вся его затея пойдет прахом. Чтобы этого не случилось, ему придется сначала изучить историю станков данного типа, все возможные способы их производства, как традиционные, так и новейшие, изучить материалы, которые пойдут на изготовление станка, и, наконец, условия, в которых станок будет работать.

Получив полное представление о технологии, дизайнер снова становится художником. Теперь он идет не от частных к общему, а от общего к частностям. Он совершает творческий акт — выбор формы. Он чертит эскиз, вместе с конструктором работает над художественно-конструкторским проектом, создает модели и в половинную величину и в натуральную, корректирует чертежи и приходит к опытному образцу. Но это еще не конец: вместе с инженерами он будет еще готовить серийный выпуск своего станка, контролировать его изготовление, приходить в отчаяние от того, что станок его выглядит белой вороной среди своих собратьев по цеху и испытывать ни с чем не сравнимую радость, услышав похвалу от рабочих.

В сущности, дизайнер вмешивается не столько в схему машины, сколько в организацию труда. На одной из выставок англичане демонстрировали три модели электрокардиографа фирмы «Кембридж инструмент» — три этапа улучшения этого прибора. Первая модель была тяжелая и громоздкая, ее форма определялась выступающим на верхней панели самописцем. Вторая, результат работы самой фирмы, тоже была далека от совершенства: тяжел толстый корпус из полистирола, плохо скомпонована лицевая панель, управлять прибором приходилось обеими руками. Третью модель создал дизайнер Фрэнк Эшфорд. Он перекроил всю форму, объединил шасси с корпусом, утопил панель между двумя защитными выступами, поместил прибор в легкий футляр, снизив попутно его вес и стоимость, и сделал так, что

управлять им можно одной рукой. Это и есть, в сущности, улучшение организации труда.

Трудно передать словами то, что надо видеть. И все-таки попытайтесь представить себе еще две машины. Их демонстрировали несколько лет назад на выставке «Художественное конструирование в машиностроении» дизайнеры из Свердловска.

Нужно было усовершенствовать гидравлический пресс для приготовления термореактивных пластмасс. Прессов подобного рода сотни, перебирать все зарубежные и отечественные образцы нерационально, проще изучить прототип — существующий пресс. Изучили. Детали расположены бессистемно, форма организована плохо. Гидроагрегат внешне не связан ни со станиной, ни с электрошкафом: три главные части существуют как бы сами по себе. Объем рабочей части, ползуна, не пропорционален объему стола. Приборы расположены на фронте кое-как, и читать их показания трудно. Лампа, предназначенная для освещения рабочей зоны, ничего не освещает; прессовщики ее просто убирают, чтобы не мешала. Рабочая зона открыта — это опасно. Но пульты и приборы сконструированы так, что зону можно закрыть только громоздкими решетками. А это никуда не годится: и работать будет неудобно, и машина станет тяжелее. Кнопка «аварийный стоп» расположена среди прочих кнопок. Чтобы нажать на нее, надо протянуть руку как раз туда, где происходит неладное. Наконец, основной «формообразующий объем» пресса, станина, делается по такой технологии, что при всем желании изящной не будет.

Все надо делать заново, это ясно. Но торопиться не следует. Группа дизайнеров — два художника, постигших основы механики, два инженера-механика, увлекшихся художественным конструированием, и один скульптор — отправляется на несколько заводов понаблюдать за работой прессов и побеседовать с прессовщиками. Потом скульптор делает из пластилина несколько моделей. Одна из них ложится в основу проекта. Наконец, готов опытный образец. Заново сделано почти все. Станина — уже не отливка с грубо вырезанными кромками, а простая сварная рама с изящными, но прочными стойками. Спереди и сзади рабочую зону закрывают не решетки, а легкие предохранительные сетки. Передняя сетка может скользить вверх и вниз. Если прессовщик забудет опус-

тить сетку, ползун не сдвинется с места: автоматика надежно охраняет рабочего от травмы. Две люминесцентные лампы освещают рабочую зону ровным и мягким светом без бликов и теней. Электрошкаф расположен в одном объеме с пультами. Пресс стал компактным, лаконичным, удобным и, что не могло не обрадовать его создателей, «патентоспособным»: им выдали авторское свидетельство на принципиально новую конструкцию.

Другая работа — буровая установка. Внешне установка очень похожа на гусеничный трактор. И сразу видно, что надо менять кабину: у этой не кабина, а брезентовая палатка, а буровой бригаде нужен целый салон. Не миновать, конечно, препирательств с заводом-изготовителем. «Ладно, проектируйте салон,— согласились скрепя сердце на заводе,— только чтобы не перестраивать основную технологию и не менять ходовую часть». Опять, пластиковые модели, рисунки, расспросы, наблюдения. Самое главное — создать бурильщикам хорошие условия для работы. И все получилось: и условия создали, и ходовую часть не тронули. На вид — прямо красавец БелАЗ. Окна у салона и спереди и по бокам, салон расположен асимметрично: если глядеть спереди, то справа; слева — рабочие органы. Лобовое стекло наклонено внутрь: и дождь не мешает, и солнце не слепит. Одни части машины белые, другие красные: нарядная машина.

Но это модель. При изготовлении же опытного образца пропорции отдельных частей сместились. Салон оказался высоковат, пришлось чуть-чуть снизить. Зато стало ясно: модели подобных машин надо строить в натуральную величину. И еще необходим макет той части кабины, где сиденья, чтобы проверить все позы, которые водитель может принять во время работы. Не прошел даром опыт и для заводских конструкторов. Глядя на поиски, которые вели дизайнеры, они и сами увлеклись, а увлекшись, изобрели механизмы, благодаря которым продолжительность работы установки в районах с суровым климатом увеличилась на три месяца. Самым же приятным был итог: и по техническим качествам, и по стилю установку признали одной из лучших в мире. Нечего и говорить, что Уральский филиал ВНИИТЭ стал в своих краях не менее популярен, чем знаменитый Уралмаш: от заявок отбою нет.

Что же такое стиль? Размышления о нем возвращают

нас к критериям красоты и изящества, о которых говорил Пуанкаре и другие ученые. Эти критерии известны и искусству: вспомним афоризм о том, что искусство писать состоит в искусстве вычеркивать лишнее. И ученый, и художник ищут одного и того же; дизайн, объединяющий в себе оба способа мышления, художественное и научное, тяготеет к этим критериям вдвойне. Дизайн — не искусство, создает он ценности преходящие и утилитарные. Это художественное ремесло современного этапа цивилизации, новый, синтетический вид конструирования в самом широком значении этого слова — в значении, подразумевающим создание всех форм, которые нас окружают.

Говорят: стиль эпохи. Что это? Общий идеал формы, улавливаемый и создаваемый поколением? Каждой эпохе свойствен свой стиль — в архитектуре, в механике, в домашней утвари, в театре и в литературе, в научных исследованиях, в манере мышления и поведения — во всем. В наши дни внешний вид изделия отличается четкостью и простотой линий, у изделия мало украшений, его структура скрыта от глаз. Чаще всего его национальную принадлежность трудно установить: в нем отражена технология, а не местная традиция ремесла.

Это относится к машинам, приборам, мебели. В архитектуре городов — та же картина. Чем дальше уходим мы от Кремля, от Меншиковского дворца, от Старого города, от Гостиного двора, тем настойчивее обступают нас типовые жилые дома, лишенные местного колорита, интернациональные небоскребы, заводские корпуса, автострасы и аэропорты, похожие друг на друга как две капли воды. Это стиль эпохи, современный стиль, который и радует нас, и заставляет с грустью вспоминать о прошлом, забывая обо всех его неудобствах. Новый стиль неотвратим, как неотвратимы породившие его индустриальные методы строительства, новые материалы и способы их производства, как неотвратима миниатюризация в электронике и освоение космоса. Сначала этот стиль создавался стихийно, одними инженерами, которым некогда было думать о стиле и о том, что не только человек создает стиль, но и стиль создает человека. Теперь за дело берется дизайнер. Он не возвратит национальный колорит промышленным изделиям и не воплотит в их формах индивидуальность. Он должен просто сделать их изящными, гармоничными и удобными. Создавая стиль

эпохи, он обязан воспитывать наш вкус, наше мироощущение, наш интеллект. На нем как на творце материальной культуры эпохи лежит огромная ответственность, его занятие одно из самых благородных, увлекательных и важных. Вещь, сделанная им, устареет, но удачно найденное им направление войдет в общую сокровищницу культуры.

ДИНАМИЧНЫЙ ИНТЕРЬЕР

Промышленным архитекторам и дизайнерам работы хватает, и находится она в самом неожиданном месте. Когда одесский завод «Автогенмаш» и московский «Калибр» окружили себя садами, устроили оранжереи — озеленились в буквальном смысле слова, их тоже стали называть прообразами предприятий будущего. Потом прообразом стала ткацкая фабрика в Новых Черемушках. Никаких садов там не было, зато там были другие чудеса. Вы вступали — не входили, а вступали — в залитый светом вестибюль с зеркальными стеклами, с красивым плиточным полом и по парадной лестнице поднимались на второй этаж, где располагались бытовые помещения. То были уже не привычные «бытовки», а оборудованные по последнему слову пластмассовой техники гардеробные, умывальные, душевые, комнаты отдыха. Оттуда вы попадали на открытый внутренний балкон, и вашему взору открывалась панорама ткацкого цеха. Колонны, поддерживавшие легкое перекрытие, были расставлены широко и взору не мешали. Люминесцентные лампы, вмонтированные в гладкий подвесной потолок, светили приятным молочным светом. Потолок был сделан из перфорированных алюминиевых листов: шум ткацких станков втягивался в дырочки и утопал в звукопоглощающих плитах из синтетической ваты. Пол из поливинилацетатной эмульсии напоминал о паркетах Останкина.

Чистота, простор, пастельные тона, но главное — свежайший воздух, о котором целые поколения ткачих могли только мечтать. Эту свежесть поддерживают шесть кондиционеров, ни один из которых — о, чудо! — не думает выходить из строя. Кондиционеры сообщают воздуху постоянную влажность и постоянную температуру. Ткацкое производство испокон веку считалось горячим: температура и влажность были там, как в тропиках. Врачи из Ивановского медицинского института, изучав-

шие физиологическое состояние работниц, нашли для них оптимальную температуру и влажность, которые и были заданы кондиционерам. Такой климат устроен и на других новых прядильно-ткацких фабриках.

Да и сама технология нуждается в этом климате. В слишком влажном воздухе нити рвутся, а в слишком сухом заряжаются статическим электричеством, отталкиваются, перепутываются, и пряжа идет в брак. Кондиционеры нужны и бумажному производству, и табачному. Об электронике мы уже не говорим. Да что электроника! На станкостроительном заводе вы можете обнаружить цех, где кондиционеры поддерживают технологический климат. А чтобы климат не колебался от малейшего проникновения воздуха, там, как и во всех термоконстантных цехах, нет ни окон, ни дверей. И делают в этом цехе не интегральные схемы, а самые обыкновенные станки. Даже обыкновенные станки должны делаться теперь в необыкновенной обстановке, чтобы все их детали были пригнаны друг к другу с точностью до сотых долей микрона и чтобы эти станки сами могли обрабатывать детали с такой же точностью. Точность — родная сестра надежности.

Без окон, без дверей... Кажется, в этой «горнице» сделано для человека все, что только можно придумать. Шедевр современной архитектуры и дизайна! Но что-то здесь смущает врачей-гигиенистов. Да и ткачихи, эти милые девушки в нейлоновых халатиках, начинают по прошествии нескольких месяцев ощущать какое-то беспокойство. Чего-то им не хватает. Врачи догадываются, в чем дело и просят бухгалтерию показать им больничные листы милых девушек. Так и есть: катар верхних дыхательных путей, еще катар, еще... И вегетативная дистония — нервное истощение. И это у девчонок!

Что же обнаружили врачи? Что вызывало беспокойство у ткачих? То же, что и обнаружил Гёте, взглянув на небо сквозь зеленое стекло: неестественность. Неестественность, которая нагоняет тоску, вызывает беспричинную нервозность и делает организм чувствительным к любому дуновению ветерка. Ткачихам не хватало естественного света, пусть непрерывно меняющегося из-за капризов погоды, пусть тусклого, но зато живого, а не мертвого, не хватало ощущений живой жизни, которую можно было бы видеть хоть краешком глаза или про которую знать, что увидишь, когда тебе вздумается.

Нельзя человеку подолгу работать в искусственной среде, в неестественной обстановке, вредно!

Цех цеху, конечно, рознь. В цехе-автомате, куда лишь время от времени заходят наладчики, может быть какой угодно свет и полное отсутствие окон. Но таких цехов немного. Большинство автоматических цехов устроено в «коробках», оставшихся от цехов-неавтоматов. Сначала были в этих цехах обыкновенные станки, потом их заменили автоматическими линиями, связали линии транспортерами. Осталась «коробка», с нею остались и окна. И идет во всех цехах, и автоматизированных, и тем паче неавтоматизированных, уборка, уборка с утра до вечера. В свое время неутомимый «Оргстанкинпром» выпустил альбом с описанием механизмов для уборки цехов, а Научно-техническое общество машиностроителей объявило конкурс на лучшие такие механизмы. Началась целая «уборочная кампания». И по сей день журнал «Изобретатель и рационализатор» печатает схемы выдвижных телескопических вышек, по которым можно легко взбираться под потолок, грязеуборочных комбайнов, механических щеток и бачков с растворами. Схемы помещаются под рубриками «Кто возьмется за их производство?» и «И вы еще медлите?». За производство берутся сами заводы. Они не медлят. Сконструировав механизм, тотчас отправляют его в цех и принимаются драить полы и окна.

Асфальтовый пол, который был в старых цехах, впитывал грязь вместе с маслом и эмульсией, как губка. Механические щетки жужжали над ним денно и ночью без всякого успеха. И тогда вопрос был решен радикально: в одних цехах асфальт заменили мраморной крошкой, в других — пластобетоном, в третьих — цветным пластиком. И мыть пол легко, и включать его в цветовой интерьер можно.

С полами справились. Но окна продолжают повергать цеховой персонал в отчаяние. Есть цехи, где окна тянутся бесконечной лентой под самым потолком, есть и стеклянные фонари в потолке. За месяц прозрачность стекол в механическом цехе снижается на треть, в литейном наполовину. Только и годятся окна на то, чтобы наблюдать через них солнечное затмение. От ламп глаза устают: ослепительный свет чередуется с фоном из полумрака. Нет, стекла надо мыть, мыть каждую неделю и самыми едкими растворами, потому что пленка из час-

тичек пыли и масла буквально прирастает к стеклу. И моют, и отдирают пленку, и снуют люди по мосткам, и ползут по цеху телескопические вышки, катятся бачки на колесиках, мелькают щетки. И кажется, уборочной техники в цехе больше, чем основной, а уборщиков больше, чем токарей или литейщиков.

А не лучше ли совсем отказаться от мытья окон? Новые стекла вставлять дешевле, чем отмывать старые. И вставляют — где раз в три месяца, а где и раз в месяц. Тоже, впрочем, порядочная возня, да и глупо как-то. Лучше всего строить цехи без окон и фонарей, благо есть и хорошие вентиляторы, и кондиционеры, и свестильники. Они уже не мигают, как прежде, и свет у них не мертвенно-зеленый, а какой пожелаешь — и розоватый, и голубоватый, и почти что солнечный. Светотехники кланутся, что свет этот совпадает с оптимальной чувствительностью глаза, а если не совпадает, то ненамного. Подобные рассуждения превратились в стройную теорию; она нашла приверженцев среди строителей во всем мире, и фабрика в Черемушках — дитя этой «безоконной» теории.

Фабрики эти существуют — куда ж их девать? А работницам устраивают там «горное солнце» — кварцевые ванны: им, как выяснилось, естественного света не хватает не только в психологическом, но и в физиологическом смысле. Но «безоконная» теория приказала долго жить. Врачи забили тревогу, и строители придумали наконец, что нужно сделать, чтобы окна не помешали работе кондиционеров. И фонари на крышах остались. Горячим и вредным цехам без них вообще невозможно — лучших вентиляторов не найти. Да и для остальных цехов они хороши. Только теперь это уже не обычные фонари, и сделаны они не из обычного стекла, как не из обычного стекла делаются и окна. На окна годится, например, металлизированная лавсановая пленка. Лавсан оказался находкой, особенно для электролизных цехов, где стекла из-за паров плавиковой кислоты становятся матовыми за несколько часов, да еще покрываются мелкими трещинками, откуда пыль не вытащишь ничем. На Уральском алюминиевом заводе провели эксперимент: заменили все стекла лавсановой пленкой, на которую пары плавиковой кислоты не действуют вообще. Через год пленка, которую не мыли ни разу, пропускала шестьдесят процентов света, а которую мыли — восемь-

десять. Пыль с пленки просто падает на пол, а если не упадет почему-нибудь, ее так же легко стряхнуть, как крошки со стола.

Но вернемся к фонарям. Очень все-таки хорошо, если цех освещается и сверху: чем больше света, тем лучше. В свое время предложили делать потолки из стеклопластика и построили несколько таких цехов. Но еще лучше оказалось органическое стекло: материал легкий, прочный, прозрачный и дешевый. Служит оргстекло верой и правдой лет пятнадцать — дольше любого прозрачного материала, что было установлено во время испытаний в везерометре — аппарате искусственной погоды. При естественной погоде оргстекло тоже испытывали. В 1965 году около города Шевченко на одном цехе поставили фонари из стеклопластика и оргстекла. Через семь лет стеклопластик достарел, покрылся морщинами, а оргстекло все еще сохраняет молодость. И пропускает оно не просто свет, а еще и ультрафиолетовые лучи. Изменилась и форма фонаря: это уже не оранжерейная пирамида, а купол. Струя воздуха, наталкиваясь на купол, сама сдувает с него снег, а чтобы очистить фонарь-купол от грязи, его — всего раз в год! — снимают с опор и протирают губкой.

Болезни роста преодолены: никто больше не строит зданий без окон или с неоткрывающимися окнами. Люди будут видеть и небо, и городской ландшафт и дышать городским воздухом. Только его надо профильтровать: побольше зелени вокруг завода. А что же делать с электронным производством, со сверхстерильной технологией, которую при всем желании нельзя лишить оболочек из шлюзовых камер и мраморных стен? Кое-что, оказывается, можно сделать. Некоторые цехи пытались оборудовать большими экранами; на экраны проецировали цветные изображения ландшафта. Изображения оживали постепенно — разгорались к полудню, угасали к вечеру. Психологическое облегчение это приносило, но все равно люди понимали, что это иллюзия. В конце концов было решено, что лучше так организовать труд, чтобы люди не работали в мраморных хором подолгу, чтобы, например, кроме обеденного, был еще один перерыв, во время которого можно было бы поиграть во дворе в волейбол, и чтобы двор был маленьким парком — с шумом листьев, с благоуханием цветов, с шипением фонтанов. Все расходы окупятся падением «кривой

заболеваемости», хорошим настроением у людей, высокой их работоспособностью, улучшением качества продукции.

Как-то английские психологи сделали маленькое открытие. В одном цехе увеличили уровень освещенности. Производительность труда возросла. Сделали еще посветлее — еще выше поднялась производительность. Затем освещенность снизили — производительность повысилась опять. Такой же опыт проделали потом в США, но уже с цветом: от зеленого — к гармонической гамме, а от нее вспять — к серому. И тот же эффект: каждый раз увеличение выработки. «Производительность труда растет,— комментирует эти эксперименты новосибирский дизайнер Р. П. Повилейко,— если люди сознают, что администрация проявляет постоянный интерес к их нуждам и делает все, чтобы удовлетворить их». А его харьковский коллега В. А. Браиловский добавляет: «Однообразная обстановка тяготит человека. Поэтому некоторое изменение среды даже в худшую сторону оказывается хотя бы на время положительным стимулом. Даже если статичный интерьер решен со вкусом, долгое пребывание в нем утомительно».

Динамичный интерьер — вот еще одно решение проблемы создания психологического комфорта. Но как часто устраивать эти перемены в обстановке? Как быть с рабочей зоной, которая будет сковывать буйную фантазию дизайнера? Какому типу труда полезна динамика. а какому нет? Тут вопросов пока еще больше, чем ответов.

ПЫЛЕСОС НА СТАНКЕ

Предыдущую главу начали мы с описания ткацких интерьеров, теперь подойдем к ткацким станкам поближе. Кто приглядывался к работе ткачих, не мог не заметить, как много времени и сил уходит у них на очистку станков от пуха. От полутора до двух часов за смену тратит работница на собирание пушинок. Много ли будет проку в динамичных интерьерах, в куполах из оргстекла, во всех психологических и эстетических ухищрениях, если мы не заткнем все источники производственной пыли и грязи. Да с этого и надо начинать!

На производстве пылит все — уголь, кварц, сталь, чугун, алюминий, пластмасса, абразивы, хлопок, пряжа, чай, табак, пылит всякий продукт обработки, пылит внут-

ри и снаружи любое предприятие, будь то металлургический завод или пуговичная фабрика. Какие уж тут краски, какие экраны с ландшафтами!

Самое почетное место среди этой пыли принадлежит пыли чугунной. Целый век она чернит лица токарей, фрезеровщиков, сверловщиков, всех, кто имеет дело с резанием металла. Она покрывает грязной пеленой станки, и новые краски меркнут на них за неделю, приводя в отчаяние и дизайнеров, и самих рабочих. Она застилает окна, лишая людей дневного света. Сначала нашли управу не на пыль, а на стружку. Особые лунки в резцах завивают стружку в спираль, кучу таких спиралей погружают в тележку, ссыпают в люк, и стружка падает в бункер пресса, который сплющивает ее в плотные шестикилограммовые брикеты. Когда автор этих строк был на Вильнюсском заводе сверл и поинтересовался «внедрением технической эстетики», ему прежде всего показали не зеленые цехи (тогда еще в Вильнюсе была пора «озеленения»), а этот самый брикетировочный пресс. И это было понятно: за час каждый станок, кроме положенного количества сверл, «вырабатывал» полкубометра стружки. Если ее не убирать непрерывно, она, как пена, затопит цех.

Но тележки, на которых возят стружку, хороши только там, где станков немного и объем продукции сравнительно невелик. Для завода сверл они годятся вполне, а вот для московского «Красного пролетария», где делают не сверла, а станки, это капля в море. Тележки, автопогрузчики — все это «элементы» прерывистой технологии, а тут нужна непрерывность. На «Красном пролетарии» соорудили целые стружкоуборочные транспортеры общей длиной в два километра и спрятали их под пол цеха, в специальные каналы позади станков. Чугунную стружку отгребают от станков скребком, другие скребки проталкивают ее к люкам, расположенным над центральным транспортером, и тот выносит ее в отделение переработки, к прессам. Со стальной хлопот оказалось больше: при возвратно-поступательном движении скребки просто возят взад и вперед одну и ту же порцию запутавшейся в них стружки. Пришлось вместо скребков укрепить на штангах остриями вперед ерши, а стенки коробов утыкать шипами, направив их острия по ходу стружки. Ерши проталкивают стружку, а шипы не пускают ее назад. В отделении переработки стружку дро-

бят конусными и молотковыми дробилками, затем она отправляется под пресс.

Соорудить подпольные транспортеры, к сожалению, удается не всегда. Тогда устраивают гидротранспортер: стружка плывет вместе с водой по стальному желобу. Правда, для того чтобы перевести стружку в псевдооживленное состояние, нужен довольно мощный поток воды, а воду теперь приходится экономить. Выход из положения нашли изобретатели из Днепродзержинского инструментального института: стружку подстегивают редкими, но сильными водяными импульсами. Над тридцатиметровым желобом, поставленным под небольшим уклоном, укреплен сифон — изогнутая змейкой труба с гидравлическим дозатором. Вода подается в нижнее колено, а через верхнее колено, переходящее в открытый слив, подается водяной импульс. Стружка мчится без остановки метров двадцать. На импульсы тратится втрое меньше воды, чем на обычный поток.

Стальная стружка укрошена, чугунная тоже, но — не чугунная пыль. Пыль еще остается. Остается и латунная пыль, и бронзовая, и текстолитовая, и корундовая, и графитовая. Пытались смешивать ее с жидкостью, но пыль, смешанная с маслом или эмульсией, превращалась в пасту, облепляла станок. Тут выход один — пылесос, который составлял бы единое целое с резцом. Такой пылесос, или, по-научному, пылестружкоприемник, сконструировали в Центральном институте охраны труда ВЦСПС. Стружка и пыль устремляются в отверстие приемника, к которому присоединен шланг, и отсасываются от станка влажным воздухом. Девять десятых пыли и мелкой стружки уносят от станков пылесосы, а уж с одной десятой справляются уборщики. Оснащается пылесосами и ткацкое производство. Там они называются автоматическими пухосборщиками.

Средств от пыли придумано немало, но ухватить ее «в зоне образования» удается не всегда. И тогда люди надевают маски-респираторы. Сделать хороший респиратор нелегко. Пока не началась эра полимеров, у всех масок оставалось большое «вредное пространство», где при выдохе задерживалась часть углекислоты, и весили они по полкило. Только в 60-х годах сотрудникам Московского горноразведочного института удалось создать респиратор, который весит всего двадцать граммов и в котором объем вредного пространства ничтожен. В этой мас-

ке из нежнейшего пенополиуретана дышится легко и свободно, пропускает она всего 0,3 процента пыли.

Но лучше бы, конечно, не носить никакой маски и не вдыхать и тысячной доли процента пыли. Каковы бы ни были усилия службы техники безопасности и охраны труда, решающее слово остается за учеными и инженерами: им надлежит разрабатывать идеальные с точки зрения гигиены технологические процессы. Видели ли вы, что творится на формовочных участках литейных цехов? Чадит горелая земля, пылит песок. Там пыль ничем не отсосешь и через стекла респиратора ничего не увидишь. Нужен иной способ формовки, и способ этот был изобретен в лаборатории формовочных материалов ЦНИИТМАШа. Чтобы металл не разрушал литейные стержни и формы и не проникал в поры между песчинками, формовочную смесь уплотняют и высушивают. Механизировать уплотнение трудно, и все это делалось вручную, в клубах пыли. Профессор А. Лясс и его коллеги предложили не засыпать формовочную смесь и не уплотнять ее, а заливать, как металл. Ученым удалось найти такие добавки, которые превращают сухую смесь в жидкость, и вещества, благодаря которым эта жидкость превращается в монолит. Когда технология была отработана, оказалось, что она великолепно поддается автоматизации. Формовщик перестал быть формовщиком и превратился в оператора автоматической установки, готовящей жидкую самотвердеющую смесь. Он снял респиратор, выкинул черный прожженный ватник, облачился в белый халат и теперь гордо поглядывает на приборы и на стены, окрашенные по всем правилам технической эстетики.

Но не каждый процесс удается заменить новым столь удачно, и старую технологию приходится окружать всевозможными ограждениями, которые изобретает техника безопасности, работающая и на земле и под землей, и в пучинах океана, и в космосе, отрасль весьма почтенная, пользующаяся уважением, влиянием и правом запрещать то, что, по ее мнению, не лезет ни в какие санитарные ворота. Служат в ней десятки тысяч квалифицированных специалистов, и помогает ей целая армия изобретателей.

Зайдите на любой завод — вы увидите множество красочных плакатов и инструкций по технике безопасности. Рабочие знают их назубок. Но машины работают все

быстрее, все меньше человеку остается времени, чтобы успеть найти выход из аварийной ситуации. Он может устать, задуматься, зазеваться, сделать неловкое движение. Его должны подстраховать автоматы.

Акустики установили, что человеческий голос обладает редким свойством: чуткий прибор способен выделить его из любой мешанины производственных шумов. И вот — аварийный выключатель станков. В станок попадает кусочек одежды, рабочий теряется, не успевает нажать кнопку «стоп», вскрикивает, и станок замирает... Все прессы оборудованы фотоэлементами, они выключают машину, как только рука рабочего пересекает световой луч. Но фотоэлемент не может отличить руку от любого предмета: в метро он одинаково реагирует и на человека, и на чемодан. Эффективнее другой метод. Когда рука — только рука! — приближается к штампу или к резцу, изменяется настройка контура высокочастотного генератора, и электрический сигнал останавливает машину. Забыл токарь вынуть ключ, которым только что зажал деталь в патроне, включил станок, и ключ, как пуля, вылетел из станка. На этот случай изобретены контактные коробки. Станок не начнет работать до тех пор, пока вы не положите все ключи и отвертки в коробку и не замкнете все контакты. Инструменты и двигатель машины включены последовательно в одну цепь.

ЛАВСАН И КРЫСЫ

Вместе с гигиеной труда техника безопасности участвует в создании микроклимата рабочего места, где первейшая роль принадлежит чистому воздуху с постоянной влажностью и постоянной температурой. К сожалению, не во всяком цехе установишь кондиционер. Горячим цехам кондиционеры нужны позарез: тепловое излучение при разливке стали раз в десять сильнее излучения солнца на экваторе. Не справятся кондиционеры ни с такой жарой, ни с кубатурой горячих цехов — сталелитейных, прокатных, кузнечных, прессовых. Обыкновенные вентиляторы, работающие во всю мощь, тоже иногда не делают погоды.

Американцы пытались модернизировать для металлургов скафандр космонавта, где есть и прибор, подающий кислород, и прибор, охлаждающий стекла, есть оболочка, не пропускающая тепло, и миниатюрные кон-

диционеры, и вентиляционные трубки. Но в таких доспехах на заводе работать невозможно. Более простое решение предложили в Донецком научно-исследовательском институте гигиены труда и профзаболеваний — индивидуальный пневматический жилет с полимерными трубками, по которым проходит свежий воздух. Берутся три эластичные трубки из поливинилхлорида, в них делаются воздухораспределительные отверстия, и трубки свариваются между собой. Через гибкие шланги в трубки от компрессорной установки подается воздух, приятно охлаждающий разгоряченное тело. Трубок мало, движениям они не мешают.

Сотрудники же Куйбышевского института предлагают рабочему индивидуальный кондиционер. Основан он на вихревом эффекте, открытом французским металлургом Ранком, и на вихревой трубке, сконструированной профессором Ф. М. Дубинским, который сумел использовать эффект Ранка. Ранк открыл, что центр воздушного вихря всегда холоднее его краев. В вихревую трубку через сопло вдувается сжатый воздух. Воздух разделяется на два потока: горячий и холодный. Потоки выходят из трубки в разные стороны. Подключите такую трубку к сети сжатого воздуха, и с одной ее стороны выйдет горячий ветер, а с другой ледяной. Вихревую трубку можно вмонтировать в рабочий костюм металлурга, кузнеца и крановщика, подсоединить ее тонким шлангом к сети, и человек получит чистейший прохладный воздух, и будет дышать глубоко и свободно в любую жару. От таких трубок не откажутся трактористы, шоферы, пожарные. В старину индийские оружейники пользовались вихревым эффектом для закалки своего знаменитого булата. Теперь этот эффект служит мирным целям.

Помните оператора блюминга, игравшего свою пьесу «в самом быстром темпе»? И он не забыт службой охраны труда. В том же институте, где изобрели пылесос для станков, разработали теплозащитное остекление, успешно испытанное на металлургическом заводе в Рустави. Прежние стеклянные ограждения либо поглощали тепловые лучи, либо отражали, но даже когда отражали, все равно постепенно нагревались сами и начинали излучать тепло. Новое ограждение сделано в виде рамы с двумя параллельными стеклами, причем наружное стекло отражает тепло, а внутреннее поглощает. Если бы в раме было два теплопоглощающих стекла, лучистый по-

ток снизился бы в пять раз, если бы два отражающих — в тридцать раз, а при комбинации двух стекол он снижается в восемьдесят — сто раз. Происходит это, как говорят оптики, благодаря почти полной «отсечке» излучения.

Тепловое излучение побеждено, а как быть с перепадами освещенности? Обычные защитные очки снижают общую освещенность, и сварщик, например, видит место сварки, только когда горит дуга, а в перерывах ему приходится напрягать зрение или поднимать «забрало», принимая первые вспышки незащищенными глазами. На помощь сварщикам и металлургам пришли сотрудники лаборатории сегнетоэлектриков и пьезоэлектриков Латвийского университета, создавшие недавно электрооптические очки. Очки эти стабилизируют световой поток, попадающий в зрачок, независимо от яркости внешнего источника. На поверхности сегнетокерамической пластинки, помещенной между двумя поляризаторами, нанесены тончайшие электроды. Включенный в схему фотодиод регистрирует световой поток, падающий на очки, и через блок регулировки напряжения изменяет разность потенциалов на электродах. Под действием электрического поля пластинка меняет величину преломления света, и интенсивность светового потока за очками остается постоянной. Новыми очками заинтересовались не только металлурги и сварщики, но и техники, работающие с лазерными установками, летчики, альпинисты, шоферы. Все они испытывают на себе резкие перепады освещенности.

Пылесосами и вентиляторами воздух мы от пыли очистили, температуру приблизили к норме, если не в помещении, то вблизи тела, от перепадов освещенности защитились, но до создания оптимального микроклимата еще далеко. Остались еще ядовитые испарения, а их и тысячной доли процента быть не должно. Как избавиться от них? Ответ дает поучительная история с лавсаном. Лавсан синтезировали и решили строить в Курске завод для его выпуска. Но тут к химикам явились врачи-токсикологи из Института гигиены труда. Врачи потребовали от химиков сделать им модель будущего завода, на которой можно было бы проверить, не опасна ли новая технология. Модель сделали, и все продукты, получавшиеся в ходе производства, стали испытывать на крысах. Через семь месяцев — можно представить себе нетерпение химиков! — у крыс изменился состав крови,

переродилась печень, упало давление. Виновником оказался динил, побочное вещество, выделявшееся в аппаратах для нагревания смолы. Тотчас депеша в Курск — тщательно загерметизировать аппараты и сделать на участке дополнительную вентиляцию! Приказ выполнен, а врачи, прибывшие на завод, и не думают уезжать оттуда: устраивают поголовные медицинские осмотры, берут у людей анализы, вносят поправки в технологию.

Врач-токсиколог обязан тщательно исследовать каждый новый продукт и каждую новую технологию. Правильнее было бы сказать: всякий химик должен знакомить со своими новинками прежде всего врача-токсиколога.

Безвредных веществ мало. Было время, когда сами химики становились жертвами собственных открытий, вдыхая новые вещества или пробуя их на вкус. Так отравился ртутными соединениями Карл-Вильгельм Шееле, открывший кислород, хлор и марганец. Надышавшись фтористым водородом, погиб во цвете лет Гэмфри Дэви. Теперь разработаны точные методы анализа, всевозможные противоядия и меры профилактики, но сюрпризы, подобные динилу, сопровождают химиков на каждом шагу.

Динил проявил себя на седьмой месяц. А если какой-нибудь продукт покажет свои когти на седьмой год? Нельзя же годами моделировать новую технологию. На этот случай инженеры предлагают нам приборы, которые, подобно счетчику Гейгера, обнаруживают малейшие признаки опасности и тут же поднимают тревогу. Приборы эти похожи на детекторы влажности, которые каждый из нас видел в картинных галереях. У детекторов влажности кристаллическая пластинка, покрытая гигроскопической пленкой, вибрирует под действием тока заданной частоты. Лишняя молекула влаги на пленке — частота колебаний меняется, и звучит сигнал. У детекторов яда пленка сигнализирует о любой посторонней примеси, появившейся в воздухе. Детекторы можно повесить над каждым рабочим местом и связать их с центральным пультом, где будет сидеть дежурный токсиколог. ЭВМ будет обрабатывать сведения, поступающие от датчиков, сравнивать их показания с хранящимся в ее памяти эталоном и при отклонениях от нормы сообщать дежурному: в таком-то цехе неладно.

Когда-нибудь врачи добьются повсеместного внедре-

ния таких систем контроля и станут по-настоящему управлять микроклиматом на предприятиях. Добились же еще двадцать лет назад врачи Днепродзержинского коксохимического завода, что воздух на заводе и поблизости от него стал чище, чем в самом Днепродзержинске!

КОСТЮМ-ГРОМООТВОД

Детектор яда молчит, а голова у нас почему-то кружится и дышать тяжело. В чем дело? Опять эти тяжелые ионы!

Ионы — это заряженные атомы и молекулы. Вся атмосфера пронизана ими. Действуют они на организм противоположно своему названию: положительные ионы, которым не хватает одного электрона, действуют отрицательно, а отрицательные, у которых есть этот электрон, — положительно. В городах и особенно в рабочих помещениях вредные положительные ионы всегда в избытке; образуются они от скопления газов, от дыма и пыли, от трения ремней, транспортерных лент, от трения волокон, тканей, полимерных пленок. А образовавшись, объединяются еще в так называемые тяжелые ионы, которые-то и наносят организму вред.

Защититься от тяжелых ионов можно несколькими способами. Во-первых, установить специальные приборы — антистаты, или нейтрализаторы коронных разрядов, которые применяются обычно в тех случаях, когда концентрация статического электричества в цехе становится опасной: убить не убьет, но потряхнет основательно. Антистат включается в сеть, и мощный электронный ветер стекает с электродов-иголок, расположенных, например, над движущимся полотном ткани из того же лавсана. Образуется электронное облачко. Колеблясь с частотой пятьдесят герц, оно насыщает положительные ионы недостающими электронами.

Во-вторых, можно надеть спецодежду из ткани «громоотвод», разработанной во ВНИПИ искусственного волокна Министерства химической промышленности СССР. Ткань эта делается из наполненных сажой антистатических нитей; толщина ее всего 0,4 миллиметра, а вес квадратного метра — сто сорок граммов. Ткань «громоотвод» имела большой успех на выставке «Охрана труда-75» в Москве. Там же, кстати, демонстрировались изящные

костюмы из ткани «щит», которые предохраняют работников радиоэлектронной промышленности от воздействия электромагнитных полей сверхвысокой частоты, куртки с автономными источниками воздухообеспечения, защищающие людей от радиоактивных и токсических веществ (модельеры — сотрудники Института биофизики Министерства здравоохранения СССР), и целая серия похожих на скафандр костюмов, сшитых лабораторией «Укрспецодежда» по «выкройкам» ВНИИ охраны труда и ВНИИ антибиотиков Министерства медицинской промышленности. Скафандры надевают аппаратчики, лаборанты и техники, имеющие дело с антибиотиками, которым без нужды ни на тело, ни в легкие попадать не положено. Антибиотики — это та же пыль, одна из ее современных разновидностей. Но о скольких вещах, кроме пыли, надо, оказывается, помнить — о статическом электричестве с его разрядами и ионами, о полях сверхвысокой частоты, о радиоактивных излучениях! Сложен нынешний микроклимат, и нелегко добиться его оптимизации. Чем больше развивается техника и промышленность, тем больше работы у службы охраны труда и техники безопасности.

Но вернемся к ионам. Есть еще одно, третье средство против тяжелых ионов — генераторы отрицательных ионов. Профессор А. Л. Чижевский сконструировал особую люстру, к которой приделана медная сетка с проволочками. Люстра включается, на проволочках возникает разряд, воздух ионизируется, тяжелые положительные ионы скапливаются на сетке, а легкие отрицательные — в воздухе. А знаменитый энтузиаст гигиенической техники академик А. А. Микулин придумал другой ионизатор — перевернутый фонтанчик, где струи воды ударяются о диск, разбрызгиваются по стенкам, увлекают за собой положительные ионы, а отрицательные оставляют нам. Эти люстры и фонтанчики служат людям верой и правдой уже полвека.

На фабрике имени Кирова в Иванове по инициативе врачей-гигиенистов введена такая процедура: после каждых двух часов работы ткачихи отправляются в специальные кабинеты и дышат там воздухом, насыщенным отрицательными ионами. Легкие ионы облегчают дыхание, стимулируют обмен веществ. Некоторые гигиенисты убеждены, что это им обязаны горцы своим долголетием. От избытка солнечной и космической радиации воздух

в горах понижается, тяжелые ионы, как в фонтанчике Микулина, падают на землю вместе с влагой, разбрызгиваемой речками и водопадами, а легкие остаются в воздухе, чтобы помогать жителям гор усваивать без остатка кислород и предохранять их от атеросклероза.

Количество ионов в рабочем помещении можно регулировать так же уверенно и точно, как регулируется влажность и температура. Вместо тяжелых — одни легкие. А вместо неприятных запахов — одни приятные. Врачи говорят, что в этом особенно нуждаются те, кто занят умственной работой: ученые, проектировщики, операторы, работники административных служб. Запахи недаром наделены теми же эпитетами, что и цвета: тяжелые, легкие, мягкие, кричащие, приглушенные. Они ведь тоже «мнение», они такие же источники сложных психических ассоциаций. Оптимальных, «средневолевых», среди них нет, но зато есть тонизирующие. Они усиливают приток крови к мозговым сосудам, обостряют зрение и слух.

В 40—50-х годах английские биофизики установили, каким образом молекулы разных веществ вызывают в обонятельных рецепторах то или иное мнение о запахе, и выделили семь первичных запахов, подобных четырем первичным вкусовым ощущениям. Из этих семи складывается бесчисленное количество комбинаций. Известно, и как выглядят элементы первичных запахов. Камфарные молекулы шарообразны, мускусные похожи на диски, цветочные — на диски с хвостиками, мятные — на клинышки, эфирные — на палочки. Молекула, как ключ в замок, входит в свою лунку, а лунками усеяны наши обонятельные рецепторы. Мнение о сложном запахе образуется, по-видимому, так: сложная молекула одним концом входит в одну лунку, а другим — в другую, мозг расшифровывает два сигнала, устанавливает соотношение между ними, и мнение готово.

Биофизики попробовали создать вещества из молекул определенных форм. Будут они испускать предсказанные запахи или нет? Вот это вещество состоит из молекул, которые должны входить сразу в три лунки — цветочную, мятную и эфирную. Дегустатор понюхал вещество и сказал: «Это виноград». Молекулу перестроили, отрубили у нее цветочную и мятную «ветви». «Эфир, — сказал дегустатор. — А это кедровое масло». Да, это было «кедровое масло» — композиция из кам-

фарных, мускусных, цветочных и мятных молекул. Сте-
реохимическая теория запаха подтвердилась. Остается
ждать, когда мы начнем получать запахи в упаковке с
этикетками, на которых будут изображены сосны, мо-
ре, свежескошенная трава, все цветы вплоть до коро-
ля оранжерей — японского зонтика и даже чуть подгнив-
шие яблоки, которые для вдохновения любил нюхать
Шиллер.

СТО ТЫСЯЧ РУКАВОВ

Впрочем, об этом мечтать еще рано: пыль-то и дурные
запахи мы еще не уничтожили. Всякое производство,
сказали мы, пылит внутри и снаружи. Внутри пыль и
газы мы улавливаем, но что делается снаружи! Пыль,
грязь, вреднейшие отходы производства — все это от-
правляется в атмосферу, в реки и озера, моря и океаны,
на поля и луга. Биосфера наполняется свинцом и мы-
шьяком, ртутью и сурьмой, серой и хлором, пестицида-
ми и окисью углерода. За час сотни миллионов автомо-
билей и сотни тысяч угольных топок мира выбрасывают
в воздух более миллиона тонн этой ядовитой окиси.

В октябре 1948 года густой туман окутал американ-
ский городок Донору. Из смеси тумана с дымом и ко-
потью начала выпадать сажа, покрывшая дома и мосто-
вые черной пеленой. Погибло двадцать человек. Через
четыре года лондонцы увидели, что солнце исчезло с
небосвода. Смог — смесь капелек воды, угольного дыма
и сернистого ангидрида — держался над Лондоном трое
суток и погубил четыре тысячи человек. В кубическом
сантиметре парижского воздуха — более ста тысяч пы-
линок. Астрономы Парижской обсерватории не могут
больше пользоваться своими телескопами: прозрачность
воздуха уменьшилась наполовину. Смог несет с собой
астму, эмфизему легких, катар дыхательных путей, ко-
нъюнктивит, болезни сердца и сосудов. Это самый пита-
тельный из всех бульонов для микробов. Он не щадит и
творения наших рук: от него разрушаются стены, мосты,
опоры электропередач, памятники. Неужели дело дой-
дет до того, что жители промышленных центров будут
ходить в противогазах и вдыхать кислород время от
времени из баллонов-автоматов? В Токио уже построены
такие кислородозаправочные станции... Нет, этого быть
не должно!

Но нельзя же отказаться от тепловых электростанций только потому, что в их дыму много сернистого ангидрида и двуокиси кремния? А что делать с суперфосфатными заводами? Они дают нам ценнейшее удобрение и в то же время наполняют воздух фтористыми соединениями, от которых гибнут возвращенные на суперфосфатах урожаи. Таких печальных парадоксов, «оборотных сторон медалей», «палок о двух концах» — не счесть. Поучительный пример — та же тепловая станция, Конаковская ГРЭС. Охлаждаются конаковские агрегаты волжской водой. Вода эта не загрязняется ничем, просто она становится чуть-чуть теплее. И вот в один прекрасный день водохранилище зацвело: теплая вода — благодать для синезеленых водорослей. Водоросли стали забивать водопровод, по которому вода идет в Москву. Те же хлопоты у биологов Украины: зацвело, потеплев, Азовское море. Разрабатываются сложные сооружения для очистки воды и переработки водорослей в удобрения. Выхода нет: агрегаты электростанций должны непрерывно охлаждаться огромным количеством воды, которую можно брать только из рек. Но как охлаждать потом эту воду, никто еще не придумал.

Придумали, как очищать воду от отходов производства. Рязанцы пьют воду из Оки и берут ее не выше, а ниже города. Ока течет через город, где есть и ТЭЦ, и заводы цветной металлургии, и нефтеперерабатывающий завод, и комбинат искусственного волокна. Двести тысяч кубометров грязи выбрасывает ежедневно этот город. Куда же она девается?

Неподалеку от нефтеперерабатывающего завода построена мощная станция биологической очистки. Станция принимает воду со всех заводов и фабрик, предварительно очищенную на каждом предприятии, и все городские канализационные стоки. Потоки грязи проходят механическую очистку, отстой, фильтрацию и, наконец, биологическую обработку в аэротенках на активном иле. Последнее самое важное: почти все остатки грязи пожираются микроорганизмами. Растет город, растет и станция. Строят ее на паях рязанские заводы и фабрики: у кого больше отходов, тот и вкладывает самый большой пай. Картонно-рубероидный завод не справился с очисткой своих вод от фенола. Приказ горисполкома и эпидемиологов был суров: делайте что хотите, а фенол не должен попадать в стоки — микроорганизмы от него

гибнут. Стоял завод целых два месяца, пока там не придумали, как избавиться от фенола.

Очистительные станции строят теперь повсюду. К 1965 году в плачевном состоянии оказалась Москва-река. Гигант ЗИЛ выпивал в сутки сто двадцать тысяч кубометров воды, и вода эта сбрасывалась в реку. Другие гиганты старались не отставать от ЗИЛа. За десять лет очистные сооружения построены на 470 московских предприятиях. Многие и не подозревали, что эти сооружения могут приносить доход. Один завод каждый месяц покупал полторы тонны дорогого хрома, а нужно ему было всего двести килограммов. Остальные из-за плохой очистки утекали в канализацию. Теперь их извлекают из стоков и пускают в дело. Десятки тысяч тонн масел, кислот и нефтепродуктов собирают на очистных сооружениях Москвы-реки и Оки.

А как собирают пыль и можно ли ее пускать в дело? Каждая мартецовская печь выбрасывает за час в воздух полтонны железа. На никелевых заводах положение и вовсе дошло до абсурда. Пыль, которую выпускают трубы электроплавильных цехов, почти на три четверти состоит из металлов — она ценнее руды, которую специально обогащают на обогатительных фабриках. При обжиге пиритных огарков улетучивается восемь десятых металла, состоящего из германия, индия, серебра и золота! Как их уловить и вернуть обратно? Только фильтрами. Отличный фильтр изобрел симферопольский инженер Ю. И. Измоденов. Стальным порошком наполняют камеру, в камере создается магнитное поле, и частички порошка, выстроившись вдоль силовых линий, образуют «магнитную ткань» с малым гидравлическим сопротивлением и большой поверхностью. Никакая скорость продувки не в состоянии разорвать эту ткань, и никакая кислота или щелочь не разъест ее. Фильтры Измоденова стоят на заводах Урала, Донбасса, Средней Азии. Драгоценные металлы возвращаются к металлургам, а в трубу вылетает «чистая» неметаллическая пыль.

Против неметаллической пыли магнитное поле, естественно, бессильно. Но и на нее удастся набросить сеть. Как делают, например, асбестовое волокно? Крупные куски породы пропускают через дробилки, затем масса измельченной руды подается в вибрирующие сита — грохота. На грохоте пеной всплывает волокно. Легкие волокна уносятся воздухом, а тяжелый камень сполза-

ет в бункеры. Асбестовая фабрика — словно гигантский пылесос, но пылесос без накопителя. Фабрика непрерывно втягивает воздух, а огромные трубы выбрасывают его обратно. Вместе с воздухом улетают и мелкие частицы асбеста. Серые леса, серые дороги. все серое вокруг на многие десятки километров. Пробовали пропускать воздух через лабиринты пылеосадительных камер. Петляя по лабиринтам, он терял скорость, а с нею и крупную пыль. Но мелкая продолжала вылетать из труб. Потом появились электрофильтры. Частички пыли получали заряд и осаждались на заземленном электроде. Пыли стало меньше, но она не исчезла. Наконец, родился фильтр, побивший своих предшественников по всем статьям.

С такими фильтрами весь отработанный воздух возвращается в производство. Плотная ткань пропускает воздух и задерживает почти все частицы. Сам по себе фильтр из ткани не новость. Но можно ли пропустить через ткань девять миллионов кубометров воздуха за час? Многие не верили, что из этого что-нибудь получится. Получилось. Взяли двести тысяч квадратных метров ткани, сделали из нее сто тысяч «рукавов» и засунули их в трубы, по которым воздух поднимается к вентиляторам. Вентиляторы стоят в вакуумной камере на тринадцатом этаже, под крышей. Это огромный герметизированный зал, обитый сталью. Проходя через «рукав», воздух очищается. Чтобы пыль не забивала поры в ткани, специальные механизмы время от времени встряхивают «рукава».

Сложно, дорого, зато надежно. И зато город Асбест на Урале стал приобретать другие тона, кроме серого.

Фильтры теперь изобретают самые разнообразные. Выделяющийся при плавке фтористый водород инженеры Новомосковского трубного завода научились улавливать известковой суспензией. Газ проходит через специальные устройства — скрубберы, где его орошают брызгами суспензии, поступающей из форсунок. Частички извести отбирают у газа девяносто пять процентов вредных примесей. Точно так же действует и установка харьковского института «Черметэнергоочистка»: в ней известковая суспензия поглощает сернистый ангидрид, содержащийся в топочных газах агломерационных фабрик и тепловых электростанций. Каждый час через эту установку проходит двести тысяч кубометров газа, превращаясь в пять

тонн хорошего удобрения. Более пяти миллионов рублей сэкономил за год Магнитогорский металлургический комбинат на очистке топочных газов, да еще продал удобрений на два с половиной миллиона.

Не помогает известковая суспензия — поможет щелочь. Все посетители международной выставки «Защита-74» подолгу задерживались у прозрачной пластиковой колонны, внутри которой весело подпрыгивали разноцветные шарики. Это была установка для рекуперации фенола, разработанная Московским институтом тонкой химической технологии и кемеровским заводом «Карболит». Разноцветные шарики играют в ней сугубо утилитарную роль — разбивают на струйки поток щелочи, навстречу которому движется отравленный воздух, и увеличивают тем самым площадь соприкосновения реагентов. Щелочь, поглотившая фенол, периодически очищается и снова идет в дело. Отбирает она у газов до 99,9 процента фенола.

ОГНЕДЫШАЩЕЕ СВОЕОБРАЗИЕ

К сожалению, стопроцентной очистки не существует. Там ускользают сотые доли процента, там — десятые, а там и несколько процентов. Специалисты утверждают, что техника очистки достигла такого совершенства, что стоки могут быть чище воды, которую завод брал из реки, но это просто означает, что вода была совсем уж никудышной. Для сохранения Москвы-реки сделано, казалось бы, все, что можно сделать, и все-таки, если у вас есть выбор, вы предпочтете купаться где-нибудь в Успенском или в Крылатском — выше города, а не ниже, не в Бронницах и не в Островцах: темновата вода, да и запах какой-то.

Перед автором этих строк — один из двадцати двух томов выпущенного издательством «Мысль» географического описания наших республик — вышедший в 1966 году том «Армения». «В любом учебнике по экономической географии СССР, — сказано там, — вы встретите наименование города Алаверди, но, не побывав на месте, редко кто может представить себе, насколько своеобразен этот вечно дымящий и огнедышащий город». Осенью 1979 года автору довелось «побывать на месте» и составить себе полное представление о своеобразии Алаверди.

Пока автобус мчался по шоссе Ереван — Тбилиси, ав-

тор читал все, что было написано в вышеупомянутой книге про Алаверди. Написано там было, что еще в восемнадцатом веке в Алаверди выплавляли медь, а теперь этот город занимает третье место в стране по ее производству. На той же 248-й странице, где говорилось про огнедышащее и дымящее своеобразие, сказано было, что «промышленное сердце города» составляет комбинат, где объединены два технологических цикла — металлургический и химический. «Металлургический цикл... является венцом и завершающим звеном всего сложного и длинного пути от добычи медной руды и ее переработки до получения электролитической меди. Здесь в процессе обработки медных концентратов выделяются сернистые газы, и тут начинается другой, химический цикл. Газы используются для получения серной кислоты — этого важного продукта основной химии. На комбинате производится также медный купорос...»

«Посмотрите на окрестности города, — призывает путешественника книга, — они сильно оголены, и жалкие остатки лесов представляют безобразную картину — многие деревья низкорослы, с искривленными стволами и ветвями, покрытыми редкими листьями. Лишенная защиты почва размывается, обнажая скальные коренные породы, окрашенные растворами различных соединений меди и других руд в зеленый, фисташковый, охрово-красновато-оранжевый цвета» (с. 249).

Что же произошло? Книга объясняет: «Определяя промышленное лицо города, эти производства одновременно в течение многих лет в прошлом загрязнили его атмосферу и воды реки Дебеда... Из труб медно-химического комбината в воздух выбрасывалось огромное количество белых и желтых выхлопных газов... Обладая большой густотой, эти газы не выходили из ущелья и распространялись над городом. При пасмурной погоде газы трудно рассеивались и действовали на людей угнетающе.

Не раз медно-химический комбинат реконструировался и совершенствовал свою технологию. Особенно важной оказалась последняя его реконструкция, когда был пущен новый комплекс серноколчеданного производства. Новый способ получения серной кислоты намного увеличил и удешевил производство химикатов... и, что также очень важно, отчасти ликвидировал загрязнение атмосферы города» (там же).

Отчасти! Алаверди появляется внезапно, из-за поворота дороги. По крутым склонам спускается он с гор и холмов к берегам бурного Дебеда. Комбинат — на самом берегу, от реки отделяет его шоссе и железная дорога. Над комбинатом стоит бело-желтое облако. Каким же было оно до реконструкции и «частичной ликвидации»? Автобус останавливается, мы выходим. В горле першит, и глаза слезятся. Рядом останавливается автобус, везущий туристов в соседний Ахпат, где им предстоит насладиться дивной красотой старинного монастыря. Туристы поспешно закрывают окна и кричат водителю, что здесь им делать нечего. Наш автобус рейсовый, едут местные жители, привыкшие к своеобразию, но и те закрывают окна.

Особенно угнетающее зрелище открывается путешественнику, когда он поднимается в вагончике канатной дороги от берега Дебеда на Санаинское плато. Авторы книги «Армения» ничего не преувеличили: холмы и горы оголены, фисташковый цвет преобладает. Комбинат и город остаются внизу, в ущелье, и бело-желтое облако скрывает Алаверди от глаз. Город рядом, в трехстах метрах, но его не видно. Как же тут люди живут? Но вот от резкого порыва ветра облако разрывается, и взгляду представляется зрелище, вызывающее вздох облегчения: город уже наполовину пуст. Сквозь просвет видны десятки покинутых зданий. Город стремительно перебирается вверх, уползает по фисташковым склонам и занимает Санаинское плато. Затем и канатная дорога, и множество других, обыкновенных дорог, вьющихся по холмам. Вагончик останавливается — перед нами новый, современный город. Воздух там чист и деревья не кривые, и листья у них зеленые, и мы наслаждаемся прохладой и безлюдьем Санаинского монастыря...

Но облако в ущелье висит. Когда рассеется оно? На комбинате готовятся к новой реконструкции. Облако станет поменьше, пожиже. Но ведь новое вино наливать будут в старые мехи. Еще одна «частичная ликвидация», потом еще одна... Облако исчезнет только тогда, когда и мехи станут новыми, когда придет принципиально новая технология, не нуждающаяся ни в каких дополнительных фильтрах и прочих средствах очистки.

В одной из своих недавних статей академик И. В. Петрянов-Соколов вспомнил случай, который произошел несколько лет назад во время выездной сессии Отде-

ния общей и технической химии Академии наук СССР в заводском городе Дзержинске. Покойный А. Н. Несмеянов, тогдашний академик-секретарь отделения, сделал доклад, и после доклада ему задали вопрос: «Как вы относитесь к проблеме очистки воды и воздуха?» Докладчик быстро ответил: «Отношусь отрицательно». И добавил: «Лучше не очищать воздух и воду, а не загрязнять их совсем!»

«Это глубоко верно! — пишет Петрянов-Соколов. — Я убежден, что корень проблемы — не столько в недостаточной очистке «выбросов», сколько в несовершенстве самой технологии, позволяющей этим выбросам появляться. Это несовершенство — результат ограниченности нашего сегодняшнего технологического мышления.

Заводы без труб — такой я представляю себе промышленность будущего, — продолжает он. — Индустрия без стоков в реки и без выбросов в атмосферу. Я знаю: многие сторонники такой же точки зрения уверены, что рассуждения о беструбной и безотходной технологии можно адресовать лишь в неопределенное будущее. Они совершенно неправы. Создавать такие предприятия можно уже сейчас, при сегодняшнем состоянии техники».

Когда-то американцы страшно гордились своими чикагскими бойнями, где утилизировалось все, кроме, как говорилось в рекламных проспектах, предсмертного крика животного. Наша задача, говорит Петрянов-Соколов, — использовать сырье так, чтобы не оставалось даже «предсмертного крика» — вредных отходов. Мощные тепловые электростанции, представляющие сейчас едва ли не самую серьезную угрозу чистоте воздуха, можно превратить в энергохимические комбинаты. Тогда, кроме электрической энергии, они будут из золы и шлака, которые идут в отвалы, производить прекрасный и дешевый строительный материал, а из сернистого ангидрида, который выбрасывается в атмосферу, — серную кислоту. Даже выбрасываемый сейчас в атмосферу в огромном количестве углекислый газ может приносить пользу. Если поблизости от электростанции расположить тепличные хозяйства, его можно использовать как воздушное удобрение для увеличения урожаев овощей.

До сих пор, проектируя химический завод, мы из всех возможных реакций выбирали ту, которая дает больше всего продукта. Теперь появляется еще один, не менее

важный критерий: реакция не должна давать побочных продуктов, от которых потом придется избавляться.

Что мешает нашим проектировщикам идти по этому пути? Только психологическая инерция. Вот типичный пример. Алюминий получают электролизом боксита, добавляя в него флюорит — вещество, понижающее температуру плавления руды. Но при этом выделяется ядовитый фтор. Чтобы уберечь от него рабочих, в цехах ставят мощную вентиляцию. В цехах воздух чистый, зато вокруг завода — пустыня. А фтор — ценное сырье. На его добычу химики тратят много сил и средств. Фильтры? На этот раз нет. Извлекать фтор из газовых выбросов невыгодно, выгоднее брать его прямо из электролизных ванн. И вентиляторы не понадобятся, и природа вокруг сохранится, и фтор будет. Что же мешает все это устроить? Алюминиевые заводы строят металлурги, для которых фтор — досадная помеха, и только. А что это ценное сырье — их не интересует. Инерция!

Около сорока лет назад, вспоминает Петрянов-Соколов, в Горловке работал скромный азототуковый завод, выпускавший удобрения. Удобрения, призванные улучшать плодородие почвы, он выпускал, а сам почвы портил. Отходы его производства портили воздух, уничтожали растительность. Со сточными водами он сливал в овраг каждый год две тысячи тонн серной кислоты, девятьсот тонн азотной, семьсот тонн аммиачной селитры и тысячу тонн аммиака. Спихнулись, начали проектировать очистные сооружения — дорого. И тогда заводские инженеры пришли к иному решению, совершенно парадоксальному для практики химических предприятий того времени: целые цехи вообще отрезали, изолировали от промышленной канализации. Технологию перекроили так, что отходов вообще не стало. То есть они оставались, но завод стал их собирать; и не из оврага, а в цехах, и продавать соседним колхозам. Земля вокруг завода ожила.

Вот что сумели сделать сорок лет назад! Стоит ли говорить, что в наши дни подобные задачи решать много легче. Создание безотходного производства, бывшее когда-то делом энтузиастов-одиночек, возведено в ранг общегосударственной задачи. И задача эта решается. На путь создания комплексных предприятий, не знающих отходов, становится химия. Становится металлургия. Каждая отрасль постепенно расстается с психологической инерцией «своего шестка».

Безотходная технология внедряется на Первомайском химическом комбинате в Харьковской области. По прежней технологии комбинат сбрасывал в Северный Донец 125 тысяч кубометров сточных вод в сутки, по новой он не сбрасывает ничего. Потребность комбината в свежей воде сократилась в тридцать раз, вода добавляется только для восполнения потерь в замкнутом цикле. Несколько тысяч гектаров плодородных земель, на которых прежде планировалось создать водохранилище для комбината, используются по прямому своему назначению — не как дно, а как поле. А из отходов делают азотные удобрения, полихлорвиниловые плитки, белково-витаминные концентраты для скота, углекислоту.

В Институте электрохимии Уральского научного центра АН СССР разрабатываются процессы, в которых технологической средой вместо воды служат различные соли, — процессы без потери продуктов и без выбросов газа в атмосферу. Несколько лет назад группе советских химиков, машиностроителей и энергетиков' (целые три отрасли объединились для общего дела!) была присуждена Государственная премия за создание принципиально нового метода производства азотной кислоты. Этот метод позволил обрубить печально известные «лисьи хвосты» — ядовитые рыже-бурые облака из окислов азота, поднимавшиеся над трубами азотно-кислотных заводов.

Принципиально новая, безотходная, «замкнутая» технология — вот единственный путь к сохранению воздуха и воды, лугов и полей, рощ и долин. И человек уже пошел по этому пути. «Я верю, — говорит И. В. Петрянов,-Соколов, — что наши дети и внуки забудут о ядовитом дыме над заводскими трубами (а может, и о самих трубах) и об испорченном воздухе городов. Они будут дышать воздухом, богатым кислородом, знать только чистые озера и реки, лишь живой океан. Сделать такое будущее возможным — первейшее дело всех людей и государств».

ТИХО! ИДЕТ ОПЕРАЦИЯ

Вместе с пылью цивилизация породила еще одного врага рода человеческого — шум. Это про него Роберт Кох сказал, что когда-нибудь людям придется расправляться с ним так же решительно, как с холерой или чумой. Шум

начал досаждать людям раньше всех. Еще Ювенала раздражал стук телег, цокот подков и перебранка возниц под окном. Ювенал утверждал, что больные в Риме умирают не от своих болезней, а от бессонницы. Что бы сказал он, попав сегодня даже не в Рим, а в маленький Сан-Ремо, где в 1967 году собрался международный конгресс по борьбе с шумом и вынужден был долго искать себе место: в первоначально выбранном зале ничего не было слышно от грохота сганков, доносящегося с соседнего завода.

А что сказали бы жители древнегреческой колонии Сибариса, построенной в той же Италии, которые за пятьсот лет до Ювенала запретили у себя в городе шуметь по ночам и вывели за черту города кузницы и мастерские жестянщиков? «В беспечности благой живет как сибарит», — сказано у Грибоедова, и до сих пор сибаритом называем мы человека изнеженного и праздного. Глубочайшая несправедливость! В беспечности благой жило все человечество. Теперь оно подражает сибаритам — переносит свои кузницы подальше, а жестянщиков спасает от глухоты.

«Шум, вечный шум! — писал за сто лет до казуса в Сан-Ремо Эдмон де Гонкур. — Ночью меня мучит бессонница; в глубине желудка у меня словно притаилось какое-то ухо, болезненно воспринимающее всякий шум; и я придумал мрачную сказку, сюжет которой я бы мог предложить тени Эдгара По. Человек, вечно преследуемый шумом, переезжает с квартиры на квартиру... из города в город, в леса, где, как в Фонтебло, трубят в рог загонщики ланей; прячется в келье, устроенной в пирамиде, и там его оглушает стрекот кузнечиков; он все ищет и ищет безмолвия и никак не может его найти — и наконец убивает себя, чтобы обрести безмолвие вечно-го покоя, но и тут не находит его: могильные черви мешают ему спать».

«Шум вызывает у невежды представление о силе», — съязвил Джемс Уатт. Уатт застал еще те времена, когда на улице перед домом больного раскладывали солому, заглушавшую стук колес, а парламенты принимали суровые законы, запрещавшие шуметь при таких-то и таких-то обстоятельствах. Изобретатель машины, к которой вскоре приладят колеса и она загрохочет по всему свету, призывает вернуться к тишине! Ирония судьбы; сколько раз ей еще суждено повториться... Пройдут десятиле-

тия, и философ Шопенгауэр, развивая мысль Уатта, скажет, что сила шума, которую может спокойно вынести человек, обратно пропорциональна его интеллектуальным способностям и поэтому может служить их точным мерилем. Потом Кох произнесет свои пророческие слова, Гонкуры издадут свой «Дневник», а люди все будут пожимать плечами, слушая их предостережения, и считать нетерпимость Толстого к малейшему шороху за стеной во время его работы старикинской блажью, а затею Пруста, обившего свои комнаты пробкой, болезненной причудой.

Цивилизация не убавляет невежд. Невежд убавляет культура, а это не одно и то же. Невежды питают к шуму особую привязанность. Им нравится хлопнуть что есть мочи дверью лифта или пронестись в полночь на мотоцикле через поселок и вызвать сердцебиение у тысячи людей. Знай наших! Они обожают поставить у окна магнитофон и запустить его на полную мощность. Из всех благ цивилизации им требуются какие позвончей. Невежд такого сорта смиряет лишь административное воздействие. Попадаетея, впрочем, и ученый невежда. Чуть что, он хватается за Дарвина: ко всему, говорит, приспособились за миллионы лет, приспособимся и к шуму.

Бедный Дарвин, сколько раз он переворачивался в гробу! И отчего так любят в наш век поговорить о приспособливании к среде, или, по-ученому, об адаптации? Приспособливаться вообще к чему бы то ни было — занятие малопочтенное, что же до среды, то не приспособливаться к ее изменениям надо, а предотвращать их. Дарвин тут вообще ни при чем. Выживают приспособившиеся, говорил он. А неприспособившиеся гибнут. За всякое приспособление и люди и животные платили неисчислимую дань. Шумовой фон не климат, он изменился до неузнаваемости не за миллион лет и даже не за тысячу. И шумоустойчивая особь — такая же нелепость, как и газоустойчивая. Особи, обладающие нервной системой, на такую адаптацию не способны. В лабораторных камерах с шумом в восемьдесят — девяносто децибел мыши забывали все свои навыки, теряли аппетит и способность к размножению, при ста — сходили с ума и съедали своих мышат, а когда шум доводили до ста двадцати децибел — умирали. Куры, живущие по соседству с аэропортами, несут меньше яиц, голуби и кролики гибнут, а лошадей охватывает бешенство. Шумоустойчивых особей нет и не будет.

Децибел — это единица звукового давления, названная так в честь Белла, одного из изобретателей телефона. Это минимальная разница в силе звука, которую может различить наше ухо. Для нормального существования человеку нужен некоторый шум, в абсолютной тишине он жить не может. Какой же шум нам нужен? Двадцать — тридцать децибел. Это шум листвы, лесов и полей. Где их взять горожанину? Если он работает в учреждении, там уже до шестидесяти децибел, а на заводе наверняка восемьдесят и даже сто.

Вы едете в метро, и на вас обрушиваются девяносто пять децибел, идете по оживленной улице — от восьмидесяти до девяноста. Целый день, пишет «Нью-Йорк таймс», жители Нью-Йорка слышат завывания пожарных, полицейских и санитарных машин, грохот отбойных молотков (двадцать пять тысяч человек ежедневно ковыряют асфальт — то одно, то другое отказывает в подземном хозяйстве большого города), хруст уборочных машин, которые жуют выброшенные на тротуары ящики, консервные банки, бутылки, урчание грузовиков, развозящих товары, треск полицейских вертолетов, гудение охладительных установок, работающих на крышах небоскребов. Некоторые даже считают, что это гудение полезно, как гудение домашних кондиционеров: сквозь него не пробивается шум. Жизнь в постоянном гуле лучше, чем в переменчивом. Хороша жизнь!

В Нью-Йорке приняли кодекс о контроле за шумом. В кодексе предусмотрены глушители для отбойных молотков. Письма об этом были разосланы семистам строительным компаниям. Откликнулись четыре. Кодекс запрещает работать на стройках с шести часов вечера до семи утра. Но небоскребы растут и по ночам: компаниям выгоднее платить штрафы властям, чем растягивать сроки строительства. Фельетонист Арт Бухвальд писал, как он прошел по улицам, собирая мнения горожан о новом кодексе, но никто так и не разобрал, чего он хочет. Один человек ответил Бухвальду: «Возьмите мой бумажник сами. Он в левом кармане».

Американцы объявили войну шуму. Но для победы нужны суровые законы, которым бы короли шумов подчинялись беспрекословно. Строительные фирмы не хотят переплачивать за молотки с глушителями. «Вот если бы их можно было заставить платить рабочему за потерю слуха!» — мечтает профессор акустики Колум-

бийского университета Сирил Харрис, который не расстается с восковыми затычками для ушей. Итальянцы, кажется, опередили американцев. Суд города Виджевано установил, что час утраченного сна стоит 1444 лиры. Шестеро жителей подали в суд на владельца текстильной фабрики, обвиняя его в том, что вот уже три года им мешает спать шум станков. Суд подсчитал, что каждый истец потерял девятьсот часов сна, и присудил владельца фабрики к выплате недоспавшим по 1,3 миллиону лир.

Ущерб, наносимый шумом, неисчислим. Около двенадцати миллионов американцев, по свидетельству журнала «Тайм», обязаны своей полной или частичной глухотой шуму. В ФРГ тугоухость переползла в таблице профессиональных заболеваний с шестого места на четвертое. Расстройство кровообращения, нарушение обмена веществ, неполадки в эндокринной системе, морская болезнь, близорукость, гастрит, язва желудка, атеросклероз, гипертония — все это способен вызвать шум. Но самое главное — неврастения. Переутомление на работе от шумового фона, систематическое недосыпание от него же, и человек становится неврастеником. Он восприимчив к болезням, о которых не слыхивал прежде; ему трудно сосредоточиться, он то угнетен, то возбужден, житейские мелочи больно ранят его, работает он вполсилы. Гигиенисты говорят: шум такой же медленный убийца, как и смог. И, как смог, он разнообразен и многолик по своей вредоносности. Когда-то считали, что влияние шума зависит лишь от его громкости. Нет, все гораздо сложнее. Ваш автомобиль бесшумен, он не тарахтит, не скрежещет и не вибрирует. Довольны вы, довольны и окружающие. Но не спешите радоваться. Он издает неслышимые инфразвуки частотой менее шестнадцати герц. От них вас клонит в сон, притупляется зрение, замедляются реакции. Инфразвук может вызвать и внезапную эйфорию — ненормальное возбуждение. Как избавиться от инфразвуков, пока неясно: они, как нейтринно, проникают через любую преграду.

Шум — враг всякой работы, в особенности той, которая требует сосредоточенности. «Тихо — идет операция!» — загорается надпись в больничном коридоре. Тихо! Иначе хирург сделает неверное движение. От резкого шума бросает в отчаянии перо конструктор — померкла едва забрежжившая идея. Шум — и безнадеж-

но испорчена деталь драгоценного прибора. Шум — и оператор нажал не на ту кнопку. Американские специалисты подсчитали: количество ошибок у операторов при шуме в сто децибел (так шумит блюминг) по сравнению с семьюдесятью децибелами вырастает в два раза. В СССР и в Англии снижение шума на десять децибел на ткацкой фабрике приравнивают к десятипроцентному росту производительности труда. Децибелы уносят миллиарды рублей, долларов, фунтов, франков. С ними нужно справляться так же беспощадно, как с холерой и чумой.

ПОЛОТЕНЦЕ ИЗ МАСТИКИ

Сначала поговорим о средствах универсальных, о средствах пассивной защиты. Самое первое — затычки, которые закладывает себе в уши профессор Харрис. Не знаю, из чего они у него сделаны, знаю, из чего их делают у нас и на что они способны. Изобрели их в Физико-химическом институте имени Карпова. «Кусочек этого материала, — рассказывает директор института академик Я. И. Колотыркин, — оставляет за порогом тридцать децибел. Он избавляет от производственного шума и в то же время не заглушает человеческого голоса: он задерживает звуки только определенных частот. С таким фильтром в ушах вы не услышите гудения двигателя в самолете, а на разговоре с собеседником это ничуть не отразится».

Средство второе — звукопоглощающие материалы для отделки зданий. После отделки стен плитами из силакпора, выпускаемого Каунасским заводом силикатных изделий, шум от ткацких станков снижается вдвое. Подобные материалы используют и в строительстве жилых домов. Но если уж говорить о домах, начинать надо, конечно, с антишумовой планировки. Не встраивать, например, лифт в квартиру. Планировкой занялись всерьез. Убедились, что не годится ни фронтальная застройка улиц, ни торцовая: в первом случае шум обрушивается на весь фасад, а во втором — идет меж домов, как по коридору, и, отражаясь от стен, превращается в сотрясающий гул. В Волгоградской лаборатории по борьбе с шумами построили модель транспортной магистрали с окружающими ее домами. Роль транспортных шумов выполняли звонки громкого боя. Ученые передвигали дома

с места на место, записывали на пленку шумы во всех точках и соображали, как лучше избавиться от них. Эксперименты продолжили архитекторы и гигиенисты-акустики Киева. В камере, изолированной от шумов и от вибрации, они прослушивают записанные на пленку шумы во всех точках города. Результаты наносятся на карту. Сопоставив карты шумов за несколько лет, можно при разработке плана застройки предсказать, где будет шумнее всего, и построить так, чтобы потом ничего не перестраивать.

Но как надо строить? Вот одна из самых напряженных магистралей Киева — Брест-Литовское шоссе. На карте оно помечено выразительной цифрой: 90 децибел. Но на одной его стороне жители воспринимают весь шум, а на другой — половину. Дома на счастливой стороне отгорожены от проезжей части высоким валом. Архитекторы хотят пойти еще дальше — устраивать проезжую часть на несколько метров ниже тротуара. Карта шумов подобна карте сражения. Вот передовая — ряды домов. Для надежной обороны необходимы мощные брустверы. Найдены и варианты шумозащитных зеленых насаждений: деревья с низкой кроной, расположенные в шахматном порядке. Под кронами — кустарник. И ни пяди голой земли: трава тоже поглощает децибелы. Но не сделают ли все эти насыпи и откосы город действительно похожим на прифронтовую полосу? Да, рано или поздно от обороны надо переходить в наступление, иначе не победишь.

Первыми пошли в атаку заводы. Во-первых, потому, что децибелы обрушились на них раньше всех. А во-вторых, там ведь работают специалисты по технике безопасности, по охране труда, там трудятся изобретатели, вообще не знающие, что такое оборона.

Для тех же ткацких цехов в НИИ гигиены труда и профзаболеваний разработали подвесные поглотители в виде плит из минеральной ваты, обернутой в стеклоткань. Плиты снабжены легкими «элементами подвеса» — конусами, кубами, призмами, шарами. Затем были созданы гипсовые перфорированные плиты; делают их теперь на Павшинском комбинате гипсовых и термоизоляционных изделий. Новые поглотители снижают шум на шесть — десять децибел. Уже неплохо!

Но все это еще оборона. В наступление пошли на заводе «Саркана звайгзне» в Риге: взяли в кольцо груп-

пу револьверных станков. Металлический прут, вибрирующий в стальной трубе, почти не слышен: на трубу надета труба пошире и обложена мешками с песком. Это, конечно, некрасиво, но токарям было не до красоты. На заводе «Коммунар» в Запорожье пошли дальше. Там тоже есть сходный процесс: длинные трубы разрезают на мерные заготовки. Чтобы хвост трубы, остающийся за шпинделем станка, не сокрушал все вокруг при своем вращении, его заключали в другую трубу. Но там он бился о стенки с нестерпимым шумом. Тогда трубу положили на рольганг, а перед ней закрепили вращающуюся отрезную головку с тремя дисками. Не труба теперь будет вращаться, а инструмент. За головкой поставили упор. Трубу подвинули по рольгангу до упора, зажали в патроне, включили отрезную головку. Три диска впились в трубу. Шум остался, но только от скольжения отрезанного куска — по наклонной решетке в тару.

В Ленинградском институте охраны труда нашли способ усмирить очистной барабан, грохочущий, как обвал. Чем меньше поверхность колеблющегося тела, тем меньше шум. Футеровку барабана сделали на сплошной, а из мелких плит. Изделия перекатываются в барабане, колеблют теперь небольшие участки футеровки, да и то не сильно — под плиты подложен асбест. Такие же прокладки уменьшают шум редукторов, насосных станций. Удалось смирить даже такие адские машины, как воздухозаборные шахты, ресиверы и компрессоры, чье гудение вместе с вибрацией фундамента достигало ста децибел. На шахту и ресивер надели глушители, компрессор поставили на фундамент, а людей упрятали в звукоизолирующие кабины, созданные сотрудниками Московской шумометрической станции.

Децибелы можно поймать специальной мастикой из минерального масла, эфира и полиизобутилена. Смесь эта по вязкости не уступает битуму, но в отличие от него не твердеет месяцами. Ею намазывают полотно, накладывают сверху полиэтиленовую пленку, и антишумовое полотенце готово. Около обернутой в такое полотенце шаровой мельницы можно разговаривать шепотом. А раньше и собственного голоса не было слышно.

Не поймает мастика — поймает пена. Ударяясь о воздушные пузырьки, одетые в мыльную оболочку, звуковые волны рассеиваются и гаснут. В прокатных цехах Нижне-Тагильского металлургического комбината пилы

режут готовые слитки. Зубья пилы вгрызаются в металл — рождается и визг, и каскад искр. Диск пилы заключили в кожух, а под кожух впрыснули пенный раствор. Диск режет металл и взбивает жидкость. В пене тонут и опасные искры и не менее опасные сто децибел. пеной заинтересовались изобретатели, воюющие с шумом прядильных и крутильных станков. Там главный виновник шума — блок веретена, охваченный приводным ремнем. От их совместного кружения рождается оглушительная мелодия. На блок надели коробку с жидким пенополиуретаном — мелодия смолкла.

Каждая машина звучит на свой лад. Иной не подойдет ни мастика, ни пена, ни мешок с песком. Что же, тогда можно попытаться погасить шум тем же шумом! Звуковые волны, одинаковые по амплитуде, но обратные по фазе, гасят друг друга. Челябинские изобретатели укрепили под виброплатформой, уплотняющей бетонную смесь с шумом в 125 децибел, пластину шириной в четверть длины звуковой волны. Двадцать пять децибел долой! На первый раз неплохо: виброплатформа — чудовище самое непокорное. За Челябинском — Ереван. Там сконструирован шумогаситель для станков. Рабочий включает станок, с ним автоматически включается и магнитофон с лентой, на которой записан соответствующий шум, и вокруг воцаряется тишина. Любопытно, что устройство служит и контролером надежности: если станок шумит, значит, работает в непопознанном режиме.

От новой идеи ожидают многого. Но за всеми шумами все равно не угонишься. Последний час пробьет лишь тогда, когда вся техника станет бесшумной. Сравните то, что сделали на «Саркана звайзгне» и что на «Коммунаре». В первом случае технологию оставили прежней и лишь защитились от нее, во втором — в корне изменили операцию. Шум от виброплатформы можно снизить еще на двадцать пять децибел, но лучше всего избавиться от виброуплотнения вообще. Недавно такой способ придуман в Харьковском институте инженеров коммунального строительства: бетонная смесь разбрызгивается метателями и падает в формы, уплотняясь на лету. Примеров бесшумной технологии немало. Самый убедительный — сварка, пришедшая на смену грохочущей клепке. Бесшумны все физические методы обработки металла, о которых мы говорили в главе «Парадокс Ребиндера». В ткацких цехах по соседству с автоматами, сотрясающи-

мися от тяжелых челноков, стоят уже стрекочущие станки, где нити утка и основы переплетают миниатюрные челночки-захваты.

А известно ли вам, что такое капсульный пневмопоезд «Лило»? Это система трубопроводов, внутри которых под давлением воздуха движутся капсулы с грузом. Первая трасса длиной в два километра соединила обоганительную фабрику стройматериалов с заводом железобетонных изделий в Шулавери. Конвейер подает материалы в бункер. Оттуда они падают прямо в капсулы-вагоны пневмопоезда. Поезд отправляется на завод. Все операции — загрузку, выгрузку, движение поездов — контролируют автоматы. Целый парк грохочущих самосвалов покинул трассу. В округе наступила полная тишина: пневмопоезд бесшумен. Пневмотрассы можно прокладывать где угодно — на земле, под землей, над землей. Вскоре двухтрубная трасса свяжет Шулавери с таким же заводом в Тбилиси. Самосвалы уйдут с дороги длиной в сорок пять километров.

Можно не сомневаться, что первыми оазисами тишины, как и первыми оазисами чистого воздуха, станут заводы и фабрики. Станут благодаря новой технологии, не только безотходной, но и бесшумной. И тогда, подобно приятным запахам, которые придут на смену пыли, на смену шуму придет приятная музыка. Кое-где под музыку уже работают, хотя «внедрили» ее не для того, чтобы заполнить звуковой вакуум, а по другим соображениям.

МУЗЫКА ДЛЯ ВСЕХ

Музыка, как и цвет, тоже может быть «научно обоснованной». Обоснованием этим занимались физиологи, озабоченные судьбой человека у конвейера. Мы уже говорили, что конвейерная сборка изнуряет человека своей монотонностью и превращает его в раба своего ритма. Есть, правда, уже роботы-сборщики, и о них мы, как обещано, расскажем подробнее. Но их пока десятки, а на конвейерах заняты сотни тысяч людей. О них надо позаботиться сегодня, сейчас же: им тяжело.

Надежды на укрощение конвейера появились после того, как ленинградские физиологи во главе с профессором М. И. Виноградовым пригляделись к нему поближе, изучили состояние нервной системы у работниц, из-

мерили у них пульс, давление и мышечное напряжение во все часы рабочего дня и вычертили так называемую кривую утомления. По ней видно, что в начале смены у человека движения вялые и нерешительные, темп низкий, потом человек втягивается в работу, темп растет, потом снова падает. После обеда все повторяется. Только к вечеру некоторых охватывает лихорадочное возбуждение — темп ускоряется. Это уже переутомление. В такие минуты человек может работать очень быстро, но совершает много ошибок. Иногда такое же возбуждение возникает не в конце дня, а перед обедом: это человек, стараясь побороть сонливость, начинает инстинктивно суетиться, двигаться, сбивается с ритма, ошибается и ждет уже не дожидается перерыва.

От сонливости и перевозбуждения предлагаются простые лекарства. Первое: надо подстроить движение конвейера к «кривой утомления», создать меняющийся темп движения ленты — в начале смены медленный, чтобы дать человеку вработаться, затем обычный, а в конце смены снова медленный. Движение ленты регулирует простой прибор — вариатор ритма. Второе лекарство — микропаузы, маленькие перерывы за час перед обедом и через час после обеда — на кривой это пики наибольшей сонливости. Во время микропауз люди делают гимнастику или танцуют, желательно в быстром темпе. Специалисты по физиологии труда — самые ревностные поклонники рок-н-ролла.

Нет ничего более властного в жизни человека, чем ритм, говорят физиологи. Пульсирует вся природа, и мы пульсируем вместе с нею. Там, наверху, смена солнечной активности, времен года, лунных фаз, дня и ночи. Здесь, у нас, смена сна и бодрствования, ритмы питания, походки, психологических актов внимания, сердечных сокращений, дыхания, обмена веществ, мозговых биотоков. Ниже уровня сознания тикают часы клеточной и физиологической активности. Когда человек слушает музыку, он ритмами своими подстраивается к ее ритму. «Несомненно, влияние музыки является одновременно и психологическим и физиологическим... — пишет Леопольд Стоковский в «Музыке для всех». — Каждая клетка имеет свою индивидуальную частоту вибраций. Если вибрации прекращаются, клетка умирает... Музыка, быть может, сумеет активизировать эти вибрации клеток, усиливать их жизненность».

Да, музыка с быстрым и отчетливым ритмом ускоряет пульс и дыхание, выравнивает их, захватывает каждую клеточку организма и настраивает нас на бодрый лад. Ритм может выпрямить «кривую утомления», помочь человеку втянуться в работу, прогнать сонливость или погасить излишнее возбуждение. Музыка может и должна звучать все время, когда в быстром темпе, когда в медленном. И вот уже она звучит целый день в цехах часовых заводов, на обувных фабриках, на заводах радиоаппаратуры.

Новая идея увлекла всех. Но вскоре ее постигла та же участь, что и зеленый цвет. Кроме «кривой утомления», надо ведь принять в расчет и характер работы, и степень свободного внимания. Конвейер конвейеру рознь. Сборщица обуви делает одно, сборщица часов — другое, а сборщику автомобилей и вовсе не до музыки: он ее и не расслышит. Есть люди, которым все равно, что звучит, есть охотники до одних танцевальных ритмов и легких песенок, а есть любители одной классической музыки, но и тем, и другим, и третьим осточертеет любая музыка, если им придется слышать ее ежечасно, изо дня в день. Они просто возненавидят ее и будут мечтать о тишине или о привычном гуле машин. Тут, как и при цветовой реконструкции цеха, не обойтись без предварительного обследования.

Ритм, как и цвет, не существует сам по себе, в музыке он связан с мелодией и гармонией, а это предметы тонкие и деликатные. Мало того, что у всех людей неодинакова музыкальная культура, разные характеры, темпераменты и вкусы, существуют еще и различные типы восприятия музыки: один воспринимает музыку в чистом виде, самозабвенно погружаясь в нее, у другого она вызывает зрительные образы, у третьего — особое настроение, у четвертого в воображении разыгрывается действие, в котором он участвует, а пятый начинает ощущать потребность в движениях и незаметно для себя отбивает такт ногой или дирижирует невидимым оркестром. Может быть, лучше вручить каждому наушники и портативный магнитофон, пусть каждый сам выпрямляет свою «кривую», когда ему вздумается, распоряжаясь своими ритмами по собственному усмотрению и не мешая соседу? Так будет достигнуто равновесие между эстетикой и физиологией. Но сумеет ли тогда человек хорошо работать? Не будет ли все его внимание поглощено

переключениями магнитофона и заменой кассет? Нет, это не годится. Лучше, пожалуй, оставить музыку для одних микропауз и перерывов. Так и сделали.

Но нельзя ли эти перерывы заполнить еще чем-нибудь, кроме танцев, которые тоже не лишены известной монотонности? Не соединить ли музыку с динамическим цветом? Давно известно, что есть люди, воспринимающие музыку как бы одновременно с цветовыми образами, рождающимися у них по прихотливой ассоциации. Дебюсси, по свидетельству того же Стоковского, выражал желание, чтобы некоторые его произведения исполнялись в пурпурном освещении. Скрябин сконструировал аппарат для цветового сопровождения симфонической поэмы «Прометей» и ввел в нее партию «люкс». Не чужд был подобным идеям и Римский-Корсаков, и поэт Артур Рембо. В девятнадцатом веке делались цветовые клавикорды и составлялись всевозможные таблицы, в которых каждой ноте соответствовали цветовые тона, а диетам — оттенки. Но все эти попытки основывались на произвольном толковании цветовых и музыкальных тонов. В наши же дни под цветовую музыку решено было подвести психофизиологическую базу.

Изобретатели одного из первых электронных «синтезаторов звуков», демонстрировавшегося на ВДНХ в 60-х годах, опирались на опыты наших биофизиков П. П. Лазарева и С. В. Кравкова. Первый еще в начале века продемонстрировал в Обществе любителей естествознания следующий опыт. Он погасил в зале свет, осветил белый экран, включил зуммер, предложил собравшимся прислушаться к его дребезжанью, а затем начал периодически прикрывать лампу. И все почувствовали, что на свету зуммер слышится громче, а в темноте — тише. Так была продемонстрирована связь между зрением и слухом, существующая в нашем восприятии. С. В. Кравков предлагал испытуемым смотреть через вращающийся диск с отверстиями на цветной свет. При медленном вращении диска свет мелькал, а при быстром все сливалось, свет был ровным. Затем Кравков включал зуммер, и картина менялась: оранжевый и красный свет оставались сплошными, а синий и зеленый становились мелькающими. Это означало, что звук обострял чувствительность глаза к сине-зеленому свету.

В лаборатории Кравкова были установлены самые поразительные связи между различными чувственными

ощущениями. Зрение обострялось под влиянием запаха некоторых веществ и слабого покалывания электрическим током. На зрение влиял неслышимый ультразвук и даже свет, незаметно наведенный на спину испытуемого. Свет обострял обоняние и осязание. В этих взаимных влияниях и связях участвуют, как выяснили впоследствии физиологи, и внутренние наши электрические заряды, и кровь, и вся нервная система. Сигнал от любого рецептора передается в ту область мозга, которая веда-ет дыханием, кровяным давлением, обменом веществ; весь организм откликается на этот сигнал, а с ним и все органы чувств. Нейрофизиологи находят, кроме того, в каждом из мозговых центров особые нейроны, передающие сигнал о том или ином ощущении соседнему центру.

Из всего этого создатели «синтезатора звуков» сделали заключение: если установить правильную зависимость между тоном, яркостью и насыщенностью цвета и тембром, ладом и прочими свойствами звука, цвет может помочь восприятию музыки. Человек будет и слышать, и видеть музыку; цвет обострит восприятие звуков, звуки обострят восприятие цвета, сигналы усилятся, и человек извлечет из музыки максимум информации, часть которой без цветового подкрепления до сих пор безвозвратно пропадала даже для самых изощренных меломанов.

И вот мы сидим в темном зале, где, как в опыте Лазарева, освещен лишь один экран; за ним скрывается уже не старомодный зуммер, а самоновейшая электронная аппаратура, и молодой инженер Л. объясняет назначение и устройство своего изобретения. Звуки поступают в микрофон, превращаются в электрические сигналы, передаются в анализатор — электронную модель органа слуха, анализатор подсчитывает силу, высоту и прочие характеристики звуков, после чего в работу вступает синтезирующее устройство. Оно подбирает для каждого звука соответствующий цвет. Чем же оно руководствуется? Оказывается, среднестатистическими данными опроса групп людей, судя по всему, знакомых нашего изобретателя. Большинство высказалось, что до мажор красный, и готово — по программе до мажор будет красным, соль минор — голубым и так далее.

Л. объявил, что сейчас будет исполнено Итальянское каприччио, погасил свет, и мы услышали знакомые фанфары. В тот же миг экран озарился багровым светом, багровый сменился зеленым, потом закрылись синие

спирали и заплясали лиловые пятна. Когда все кончилось, автор этих строк отправился «за кулисы» и заявил изобретателю напрямик, что никакой «новой информации» не приобрел. Каприччио звучало само по себе, а спирали крутились сами по себе, и одно не усиливало другое, а скорее отвлекало от другого. Л. смерил меня участливым взглядом и сообщил, что аппарат не предназначен для того, чтобы учитывать мои жалкие ассоциации и мои примитивные, докибернетические представления о музыке. Вся эта субъективная дребедень только мешает синтетическому восприятию. Надо послушать и посмотреть каприччио раз десять, тогда моя индивидуальность будет подавлена, традиционная манера восприятия уступит место запрограммированному среднестатистическому стереотипу, и все будет в порядке.

Станным образом перспектива приобретения такого стереотипа никого не увлекла. Аппаратуру сгоряча свозили на какую-то международную выставку, продемонстрировали немного в павильоне радиоэлектроники, на том все и кончилось. Но идея цветомузыки не угасла. Цветомузыка великолепно звучит по вечерам в лад с игрой фонтанов на площади Ленина в Ереване — там люди не ищут ассоциаций и связей между звуком, высотой струй и озаряющим фонтаны цветным светом, а просто наслаждаются всем этим феерическим зрелищем и отдыхают. Отдых — вот ее истинное назначение; главное же условие ее успеха — произведения, написанные для нее специально: человек не должен сопоставлять знакомую мелодию с ее цветовыми параллелями; что-то покажется ему неудачным, и весь эффект насмарку.

Цветомузыка захватывает человека целиком и дает ему целительную душевную встряску. Она быстро снимает эмоциональное напряжение. Вот почему энтузиасты цветомузыки из казанского СКБ «Прометей» с полным основанием предлагают ее для заполнения перерывов и микропауз на производстве. Еще раз подчеркиваем: это должна быть специально написанная музыка. Сначала вы услышите просто ритмические звуки, а затем ваш цех или лаборатория погрузятся во мрак, и большой экран осветится цветными пятнами. В унисон с движущимся цветом и нарастающим, как в болеро, ритмом зазвучит мелодия. Зрение и слух, а с ними вся нервная система получают хорошую порцию очищения и бодрости, особенно желательную при напряженной мозговой рабо-

те. Что можно возразить против этой идеи? Первые концерты цветомузыки, которые проводят на заводах сотрудники «Прометея», пользуются большим успехом.

УКРОЩЕНИЕ КОНВЕЙЕРОВ

Вслед за лабораторией инженерной психологии в Ленинграде, о которой мы рассказывали в начале книги, появилась такая же лаборатория и в Москве, в Институте общей и педагогической психологии, и дирекция фабрики «Красный богатырь» попросила ее сотрудников помочь ликвидировать заторы на конвейере. Психологи приехали на фабрику, и их взорам представилась следующая картина. В начале конвейера сидит мастер и задает темп — кладет колодку на ленту. Колодка движется и обрастает деталями. За ней движется вторая колодка, третья, четвертая. Чтобы не нарушался единый ритм, некоторые операции расчленены на простейшие, их выполняют вчетвером.

Вот где загвоздка! Колодки надо считать и различать. На ленте белой краской написаны цифры: работница, выполняющая первую операцию, должна поставить готовую колодку на цифру «1», выполняющая вторую — на цифру «2». Но цифры быстро стираются, в них надо всматриваться, не разглядишь вовремя — затор.

Психологи решили изменить сигнал — раскрасить ленту цветными квадратиками. Следи теперь не за своим номером, а за своим цветом. А на квадрате еще нарисована белая пятка, чтобы ставить колодку не как попало, а пяткой к себе — так будет удобнее твоей соседке. Всю ночь психологи разрисовывали ленту конвейера, а наутро уже обучали сборщиц новой системе сигналов. И помогло. Исчезли заторы, работа стала ритмичной, спокойной.

Но монотонность все-таки как была, так и осталась. И психологи ввели систему чередования операций с «компенсацией функций». Каждая сборщица научилась выполнять три или четыре операции. Утром она работает с алым квадратиком, после обеда — с голубым, на завтра — с желтым. Операции сменяются так, чтобы сначала была нагружена правая рука, потом — левая, а на другой день преобладали бы не двигательные операции, а зрительные. Работать на конвейере стало легче.

Оптимальная организация труда — вот главное лекарство от конвейерной монотонности и машинообразия. На одной из киевских обувных фабрик стулья и столы сконструированы таким образом, чтобы рука работницы описывала самую «неутомительную» дугу — в сорок пять градусов. Очередной ящик с деталями работница не снимает с ленты, он сам находит свою хозяйку и опускается перед ней на подставку. Прибывает он лишь тогда, когда работница, опорожнив предыдущий ящик, нажмет кнопку, и мастер увидит у себя на пульте загоревшуюся лампочку. Тут уж не конвейер управляет человеком, а человек конвейером: работница сама задает себе ритм, конвейер же выполняет роль вспомогательного транспортного механизма.

Недавно на льнокомбинате «Заря социализма» в городе Гаврилов Ям, Ярославской области, появилась интересная новинка — «Система автоматического управления режимом прядильной машины». Создатели системы, специалисты из ЦНИИ промышленности лубяных волокон, называют ее проще — оптимизатор, и это название лучше всего раскрывает ее суть.

Движение многостаночников достигло предела возможного. Все, что можно было выжать из организации производства, из «компенсации функций» и распространения передового опыта прядильщиц, выжато. Но все ли резервы повышения производительности труда исчерпаны? Над этим задумались специалисты из ЦНИИ. Когда они изучили, как меняется выработка у прядильщиц в течение смены, перед ними предстала знакомая по литературе о конвейерах картина: в первый час производительность на двадцать пять процентов ниже максимальной, затем за час-полтора она подскакивает до максимума, а потом начинает медленно, но неуклонно снижаться. Что делать, известно: надо заставить машины менять свою скорость по программе, построенной с учетом «кривой утомления», — и все. А резервы? Какие уж тут резервы!

Но ведь эта кривая — среднестатистическая. У каждого человека процесс утомления идет по-своему. День на день не приходится: у одной работницы максимум выработки может держаться до конца смены, другая сегодня его не достигнет совсем. На работоспособности сказываются и последствия домашних забот, и общее состояние организма, и настроение. Как все это учесть?

Первоначальная задача на «выжимание резервов» была сформулирована иначе: как помочь людям? В самом деле как?

Все прядильщицы оценивают свой собственный ритм по количеству остановившихся веретен. И у каждой это количество свое. Остановилось веретен больше обычного — надо поднажать, побыстрее ликвидировать обрывы нитей. Остановилось меньше — можно расслабиться. Этот принцип и был положен в основу оптимизатора. Новая система позволяет для каждой прядильщицы задать такое количество стоящих веретен, чтобы она работала без напряжения, но и не «простаивала» зря. Оптимизатор есть оптимизатор. И работать стало легче, и резервы тут же нашлись: производительность труда увеличилась в полтора раза. Пятьдесят процентов пряжи пошло первым сортом, пятьдесят — вторым, а «нестандарт» исчез совсем. Анализируя работу машины, оптимизатор может увеличивать или уменьшать крутку в зависимости от прочности ровницы: получилось то же, что и с высокочастотной сваркой труб, о которой рассказывалось выше.

«Прядильное производство — одно из самых сложных и трудных, — говорил по этому поводу Ю. А. Фомин, главный инженер комбината. — Признаюсь, до появления оптимизатора многим из нас казалось, что все возможности здесь уже исчерпаны. Оптимизатор же убедил нас, что с его помощью можно поднять эффективность не только прядильного, но и ткацкого производства. Можно и улучшить работу управленческого аппарата. Ведь оптимизатор способен давать информацию и о состоянии оборудования, и о соблюдении технологии, и о выработке каждого рабочего. А значит, и о ходе выполнения планов, и об эффективности любых организационных мероприятий».

К сожалению, технология не всегда разрешает рабочим полностью распоряжаться собственным ритмом. Но инженеры в содружестве с психологами продолжают поиски. Лет десять назад им удалось подстроить к человеку один из самых непокорных процессов — сборку автомобилей. Сделано это было на Волжском автомобильном заводе в Тольятти.

На главном конвейере ВАЗа машины, обрастая деталями, движутся вдоль цепочек людей в синих комбинезонах. Время на конвейере отсчитывается только секундами; каждые, допустим, шестьдесят секунд — гото-

вый автомобиль. Неторопливо плывут синие, серые, вишневые машины, плывут то у самого пола, то на уровне пояса, то над головой. Вот участок, где к кузову присоединяется передняя подвеска. Слесарь делает шаг навстречу кузову, меряет индикатором «развал колеса», определяет, сколько шайб нужно поставить, чтобы отрегулировать этот развал, и ставит подвеску, которую подает ему боковой конвейер (всего конвейеров на заводе километров полтора).

Шаг, измерение, регулировка, установка подвески, шаг назад, ожидание, снова шаг вперед, снова измерение. И так целый день. Заснуть можно стоя от такой монотонности, возненавидеть можно красавец-завод с его бездушными конвейерами, и шапку в охапку — да прочь отсюда куда глаза глядят. Ничего подобного! С этого конвейера не бегут. Подладить его ритм к состоянию каждого человека невозможно, но зато в нем есть одна важная деталь, придуманная заводскими психологами. Человек улавливает изменение скорости конвейера, если оно превышает двадцать сантиметров в минуту, а если меньше — не замечает. И вот в течение первого часа скорость конвейера нарастает незаметно, и человек незаметно для себя втягивается в ритм. Когда же у человека спадает активность, скорость ленты замедляется так, чтобы он это заметил и почувствовал облегчение. Кроме того, через каждые два часа конвейер останавливается совсем — садись и отдыхай.

Но во всем этом ничего особенного, по правде говоря, нет, и не это психологи считают главным своим делом. На сборке работает молодежь — выпускники средних школ, технических училищ, демобилизованные. А молодежи, кроме заработка, нужно, чтобы работа была интересной, перспективной, чтобы можно было расти, повышать свою квалификацию. На ВАЗе составили список всех профессий и разбили их на шесть групп. В первую вошли представители профессий, не требующих особой выучки: подсобные рабочие, прессовщики сырья, упаковщики. Во вторую — квалифицированные и мало-квалифицированные рабочие: маляры, сварщики, штамповщики, слесари. В третью — операторы автоматических линий. В четвертую — контролеры и лаборанты, люди знающие и имеющие право учить других. В пятую — опытные станочники, кузнецы, водители-испытатели (мечта всех вазовских новичков) и в шестую — мастера

экстра-класса, люди на вес золота: наладчики автоматов, слесари-инструментальщики, граверы, разметчики.

Где же тут место слесаря, который устанавливает подвеску? Только на второй ступеньке. Ни приличного заработка, ни даже средней квалификации, ни интересной работы. Зато — реальная перспектива перебраться на ступеньку повыше.

Квалифицированных рабочих на ВАЗ почти не берут, их готовят в основном из «конвейерной» молодежи. Завод ввел у себя внутреннюю текучесть кадров, чтобы свести к минимуму текучесть внешнюю. Работа на конвейере такой же эпизод твоей биографии, как и служба в армии: года два-три. А потом — поднимайся наверх, иди на курсы повышения квалификации, где ты можешь приобрести профессию оператора, наладчика, испытателя. Потом — год практики в бригаде, и у тебя первый разряд. Еще несколько лет — и ты специалист высшего разряда. Лет за десять можно пройти всю лестницу, от первой до последней ступеньки. Если же тебе вздумается стать инженером — поступай в Тольяттинский политехнический. Когда на ВАЗе говорят, что не человек рожден для конвейера, а конвейер для человека, это не пустые слова. «Болезнью века» называют конвейер во всем мире. Здесь человек не болеет ею, а перебаливает, как корью. Вылечился — и забыл.

Подобная же система в различных модификациях внедряется теперь и на некоторых других предприятиях. «Часто человек, выполняя то или иное задание, руководствуется «короткими», связанными только с ближайшим будущим мотивами, — читаем мы в одной научной статье. — Это одна из причин тяжелого «психологического климата» на предприятиях и текучести кадров. Около пятидесяти процентов текучести обусловлено именно психологическими причинами (потеря интереса к работе, неудовлетворенность и т. д.). В связи с этим заслуживает внимания работа, проведенная психологами на Люберецком коврово-ткацком комбинате... Там были введены так называемые карты личной перспективы, которые разрабатывались совместно с каждым поступающим на работу человеком на несколько лет вперед. «Карты» определяли перспективу роста... иначе говоря, помогали формировать «дальнюю» мотивацию. Эта система повысила заинтересованность каждого в работе, содействовала формированию трудовых коллективов и сократила теку-

честь кадров. Часто путают понятия «мотив» и «стимул». Это не одно и то же. Мотив — это то, что побуждает человека к деятельности, являясь внутренней силой поведения. Стимул — это внешнее воздействие. Действие стимула опосредовано психикой человека: его взглядами, чувствами, настроениями, интересами. Поэтому стимул лишь тогда становится реальной побудительной силой, когда превращается в мотив. Задача психологов, занимающихся организацией труда, состоит в том, чтобы в каждом случае выяснить механизм этого превращения.

Когда механизм выяснен и стимулы превращаются в мотивы, эффект не заставляет себя ждать. «Так, например,— читаем мы в той же статье,— реорганизация производственного процесса на Иркутской обувной фабрике, выполненная по рекомендациям психологов, позволила снизить трудоемкость работ на 4,5 тысячи человеко-часов в год и повысить производительность на 16 процентов».

МИКРОФИШИ И УЛЬТРАФИШИ

Мы с вами познакомились, пожалуй, со всеми основными способами, которыми гигиена и физиология труда, техника безопасности, техническая эстетика и классическая психология труда стараются оптимизировать условия работы в обычных цехах, где в той или иной пропорции смешаны ручной, механизированный и автоматизированный труд. Но, кроме цехов, на производстве есть еще десятки служб, и без них никакого большое производство не просуществует и недели. Центральное место занимает среди них служба переработки информации.

Для переработки информации нужна такая же техника, как и для изготовления массовой продукции. Пока этой техники не было (а развиваться она стала всего лет двадцать назад), работникам машиностроительного завода приходилось за месяц обрабатывать восемьдесят миллионов показателей и выполнять сорок миллионов вычислительных операций. За год на заводе изготавливали сто пятьдесят тысяч чертежей и триста тысяч технологических карт. Объем инструкций, технологических условий и распоряжений исчислялся сотнями тысяч страниц, а количество нарядов, накладных и прочих «первичных документов» — миллионами экземпляров. Этой работой заняты были тысячи людей, и труд их был нелегок. И

только оргтехника сделала его таким же производительным, как и труд оператора автоматической линии, только она остановила разбухание управленческого персонала и ввела потоки информации в упорядоченные каналы.

Как лучше всего рассказать об оргтехнике? Посмотрим, что происходит с информацией, которая поступает на завод, решивший освоить выпуск новой машины и получить все необходимые для этого сведения. Сведения такого рода накапливаются в заводском бюро научно-технической информации — БНТИ. Попадают они к референтам, те оценивают их важность и определяют форму хранения. В бюро есть аппараты для микрофильмирования: все статьи, документы или чертежи преобразуются в миниатюрные негативы или позитивы. Миниатюризация и здесь приносит свои плоды: пленки занимают в сто раз меньше места, чем обычные документы, а весят в тысячу раз меньше.

С такими пленками-диапозитивами, именуемыми с недавних пор микрофишами, и с техникой их изготовления мог познакомиться каждый посетитель выставки «Научно-техническая информация-80», где демонстрировались новинки, разработанные в СКБ ВИНТИ. Если на 16-миллиметровый фильм снять постранично печатный материал, разрезать его на кадры, сложить из них прямоугольник и сфотографировать его на просвет в масштабе 1:1, получится микрофиша: пять кадров по вертикали и двенадцать по горизонтали. На шестидесяти кадрах — шестьдесят страниц журнального текста. Можно уместить и восемьсот — это называется ультрамикрофиша, или ультрафиша. Для БНТИ, где фонд хранения не превышает миллиона страниц, создан целый комплекс средств хранения и поиска стандартных микрофиш — шкаф, кнопочный перфоратор и поисковый селектор. Перфоратор наносит на поля микрофиш код — особые насечки. Закодированные микрофиши собираются по триста штук в кассеты, кассеты в определенном порядке укладываются в секции шкафа, их емкость эквивалентна 1,08 миллиона страниц. Чтобы найти нужную микрофишу, достаточно набрать на пульте селектора ее пятизначный код, и механизм вытолкнет ее из кассеты.

Но вам нужна не пленка, на которой ничего не разглядишь, а увеличенная ее копия. СКБ ВИНТИ предлагает для этого автоматизированный электрографичес-

кий аппарат. Вы берете микрофишу, устанавливаете ее в каретку двухкоординатного перемещения и набираете на пульте координаты кадров и число отпечатков. За одну минуту аппарат сделает вам десять копий, увеличенных по сравнению с оригиналом в двадцать один раз. Система поиска «Пуск» за несколько секунд способна отобрать для вас из кассет необходимые микрофиши, отыскать в них нужные кадры, показать их вам на просмотровом экране увеличенными в восемнадцать раз и напечатать их в таком виде на бумаге.

Вся эта техника предназначена не только для заводских БНТИ, но и для целой сети автоматизированных центров научно-технической информации по отраслям знаний, которые будут снабжены ЭВМ и особыми устройствами для связи между собой и с потребителями (теми же заводами или институтами). Сеть эта со временем превратится в ГАСНТИ — Государственную автоматизированную систему научно-технической информации; ей суждено будет играть важнейшую роль в управлении всем народным хозяйством.

Но вернемся на завод. Конструкторы, собирающиеся проектировать новую машину, получили из БНТИ всю необходимую информацию. Предварительные расчеты помогает им делать настольная ЭВМ, компактная и элегантная. С помощью таких же ЭВМ планово-экономический отдел оценивает эффективность будущего изделия, и конструкторы приступают к проектированию. В их распоряжении весь набор малой оргтехники — канцелярские карандаши, специальные авторучки с незасыхающей тушью и так далее. Штрихи на вычерченную деталь уже нанесены заранее: пленка со штрихами прикладывается к чертежу и обрезается по контурам детали. Существуют пленки и с готовыми цифрами и буквами. К услугам конструкторов и чертежник-автомат, работающий в триста раз быстрее человека. Это стол-ящик, где над чертежным листом движется мост, а по мосту передвигается каретка с пишущим устройством. Устройство может вычерчивать линии, параллельные любой оси координат, и даже сложные кривые. Если чертеж велик, перемещается чертеж, а мост остается на месте.

Пропустим этапы уже известного нам моделирования, а также испытания и торжественного утверждения опытного образца и отправимся к технологам: им предстоит решить, из чего, где, в какой последовательности и в

какие сроки делать машину. На все вопросы им ответит информационно-вычислительный центр, которому известны все резервы завода — от состояния станков до мощности кислородной станции. Помогут им и знаконаборные стенды, где на металлических досках из магнитных пластин, символизирующих оборудование, можно составить модель технологического процесса. Посмотрев несколько таких моделей, ЭВМ выберет из них наилучшую.

Технологи могут не тратить времени на составление спецификаций, технологических маршрутов и карт. Операторы вычислительного центра, работающие в ЭВМ, составляют матрицу-таблицу, где каждая деталь разложена на элементарные поверхности. В столбцах матрицы зашифрованы все сведения о поверхностях — размеры, допуски, чистота. Сведения эти идут в ЭВМ, та строит модель заготовки для каждой детали, «протаскивает» ее по всем будущим операциям, и из цифropечатающего устройства ~~выползает~~ лента со всеми документами — от накладной на заготовку до операционных карт с указанием режимов обработки. Технологические документы размножают и отправляют к плановикам, к снабженцам, в производственный отдел, в отдел организации труда. Начинается составление графиков и плановых заданий, которые движутся к участкам и станкам и оседают на магнитных табло. В клетки табло вставлены намагниченные цилиндры, указывающие распределение работ по дням недели. Рядом на карточках написаны фамилии рабочих и задания для них.

БОЛТЫ ИЗ СОЛИКАМСКА

Теперь командование — в руках диспетчерской службы завода. Диспетчеры следят за тем, как загружено оборудование, не угрожают ли ритму зазоры и простои, согласовывают работу всех участков. У них своя оргтехника: электромагнитный график, телеметрический шкаф, телевизоры, устройства для сигнализации, диктофоны и установки «Эксперт», «Ритм» и АРП.

«Эксперт» похож на обычный пульт с приборным щитом. Служит он для оперативного управления точным производством. От датчиков, установленных на оборудовании, он получает сведения о времени и о причине простоев, учитывает запуск и выпуск продукции, информирует диспетчера о запасах и бьет тревогу, если

план под угрозой. В конце смены он дает диспетчеру сводку о проделанной работе. Вся информация диспетчеру не нужна, но он должен иметь возможность получить любую справку, особенно когда что-нибудь неблагополучно. Процеживанием информации и регистрацией общего времени работы оборудования занимается «Ритм:». Общее время он сравнивает с нормативным. Если сравнение не внушает опасений, «Ритм» помалкивает, а если внушает, сигнализирует диспетчеру красной лампочкой: пора вмешаться!

По приборам диспетчер определяет, где образовалась пробка, звонит начальнику цеха и говорит ему, что кривая на ленте самописца упала задолго до перерыва и еле-еле восстановилась через час после перерыва, а это значит, что обедают в цехе не час, а все три и дисциплина — из рук вон. Возможно, диспетчер и не говорит ничего про самописцы и кривые, а изъясняется с собеседником более энергичным и емким кодом.

Подробности, не попавшие к диспетчеру, либо оседают в микродокументах, либо за ненадобностью уничтожаются. Диспетчеру нужны не справки, а своевременные сигналы с рабочих мест. Цифропечатающее устройство выдало на каждую деталь по несколько перфокарт. Это карты-наряды с указанием шифра операции, расценки и трудоемкости и карта-накладная со сроком изготовления детали. Карты закладывают в ЭВМ, она выдает взамен оперграммы — график загрузки оборудования и таблицы, детализирующие загрузку. Документов прибавилось, но мастеров это не смущает. Перфокарты они расставляют по ячейкам картотеки. Детали переходят с операции на операцию, по картотеке передвигаются пачки карт, пачки становятся тоньше и тоньше: по мере выполнения операций мастер перекладывает карту-наряд в ячейку «выполнено». С готовой деталью отправляется на склад единственная накладная, кладовщик делает на ней пометку и отправляет в информационный центр. Перфорационное устройство читает пометки на всех накладных, а печатающее выдает новые оперграммы, которые покажут мастерам, как прошел день, и таблицы, из которых они увидят, кто сколько заработал. Если в центр пришли не все карты (что-то недоделано на участке), ЭВМ скорректирует новое задание так, чтобы оно стало выполнимым. Благодаря такой системе мастера занимаются не писаниной, а делом.

Заводы с массовым производством, вроде ВАЗа, могут воспользоваться другой системой. Каждое ее звено способно решать свои задачи самостоятельно. Вот, например, установка «Ввод», состоящая из центрального управляющего устройства, ленточного перфоратора и периферийных устройств — своего рода почтовых ящиков, собирающих информацию с мест. Ящик снабжен цифровой клавиатурой и щелью для «писем» — наборных кассет. Мастер опускает в щель кассету из перфорированных жетонов, означающих, что такой-то рабочий сдал столько-то деталей, что поступили такие-то заготовки, допущен такой-то брак. Фотоэлемент регистрирует «письмо» и сообщает о нем управляющему устройству. «Письмо» переписывается на ленту перфоратора, а лента поступает в центр.

Тем временем не дремлет АРП — автоматизированный регистратор производства. АРП учитывает работу оборудования, длительность и причины простоев, количество готовых деталей, помогает рабочему вызвать на помощь электрика или слесаря, а диспетчеру — выяснить обстановку на любом рабочем месте по телефону. У АРП есть устройство, накапливающее сведения, есть концентратор, который каждую минуту запрашивает информацию с мест, есть перфоратор, записывающий эту информацию, табло, сигнализирующее о неполадках в цехах, и, наконец, пульт с кнопками управления. Сидя за пультом, диспетчер следит за работой АРП, вызывает абонентов, командует перфоратором и печатной машиной. Часть АРП находится у диспетчера, а часть — в цехах. Это датчики и пульта. Чтобы рабочий тоже занимался делом, а не арифметикой, датчики пультов регистрируют количество деталей. На пультах — клавиши; против каждой — окошко с надписью «мастер», «слесарь», «тара», «склад». Понадобился рабочему слесарь — он не бежит никуда, а нажимает клавишу. Тотчас загораются два сигнала — на пульте диспетчера и на пульте слесаря. Если на вызов не ответили, рабочий переводит клавишу во «вторую позицию», и на пульте диспетчера и на перфоленде отмечается, что такой-то станок стоит без дела по вине слесаря.

Все данные о положении на заводе поступают в ЭВМ информационного центра. В ЭВМ создается динамическая модель всей производственной обстановки. Круговорот информации непрерывен. Покуда разрабатывает-

ся новый план или новая технология, выполняется прежний план. Десятки цехов и служб участвуют в этом круговороте. Мы не обмолвились ни о бухгалтерии, которая учитывает все материальные и трудовые затраты, начисляет зарплату и ведет расчеты с поставщиками и потребителями, ни об отделе сбыта, ни о заводоуправлении — все они тонули в бумагах, и все они выбирают-ся из информационного наводнения благодаря спасительной оргтехнике.

Оргтехника дает огромный выигрыш времени и средств, облегчает труд управленческого персонала, делает его высокопроизводительным. Она служит основой для создания АСУ — автоматизированных систем управления.

Рассказывая о технике АСУ, мы брали для примера машиностроительный завод. Кандидаты технических наук В. И. Воропаев и М. И. Рейтман, авторы интересных работ об АСУ, предлагают нам представить себе строительный трест, которым управляет некий Павел Иванович, человек дельный и опытный. АСУ в тресте еще нет, и Павла Ивановича заедает текучка.

Не успел Павел Иванович войти в кабинет, как зазвонил телефон: на четвертом бетонном заводе авария. Павел Иванович звонит на третий завод и просит директора начать поставку бетона на мясокомбинат. «Что? Знаю, что далеко, но иначе горим... Поискать поближе? Некогда искать. Сам понимаешь — бетон должен поступать бесперебойно, а то отделочники станут!»

Решение, принятое Павлом Ивановичем, устранило простой и было верным. Но не лучшим. Павел Иванович не знал, что, если передать поставки заводам № 5 и № 2, трест сберег бы на транспортных расходах тысячи две, а авария на заводе № 4 даже не принесла бы убытку.

Если бы в тресте действовала АСУ, то диспетчеру достаточно было бы дать сигнал об аварии, как включилась бы особая программа. Когда тресты готовятся к внедрению АСУ, их деятельность анализируют специалисты по организации труда и по принятию решений. Они готовят для ЭВМ разнообразные программы, отражающие все стороны деятельности треста. В ЭВМ вводят данные о потребности всех объектов, о мощности заводов-поставщиков, о стоимости перевозки бетона по всем маршрутам. По этим данным ЭВМ может найти вариант, сводящий к минимуму транспортные расходы. Для этого существует особый алгоритм решения «транс-

портной задачи». Вначале по заданным мощностям заводов, потребностям объектов и тарифам ЭВМ строит допустимый план перевозок. Затем в процессе самообучения она его последовательно улучшает, до тех пор пока не удастся прийти к такому варианту, который улучшить уже нельзя. Словом, будь в тресте АСУ, на стол начальника производственного отдела (а не Павла Ивановича) легла бы оптимальная разрядка поставок.

Павел Иванович положил трубку, и тотчас в его кабинет влетел напористый Солодков:

— Болтов все нет!

— Помню,— сказал Павел Иванович и вызвал начальника отдела снабжения: — Где болты?

— Неделю ими занимаюсь. Вы же знаете, к нам поступает двенадцать тысяч видов изделий. Болты могли заслать на любой участок. Проверяю все накладные, а их тысячи. Как отыщем...

— Где их производят?

— В Соликамске.

— Оформляйте новую заявку — и в самолет!

А в это время в кладовой, в ста метрах от кабинета Павла Ивановича, кладовщик говорил грузчикам:

— А эти ящики, ребята, тащите на улицу, тут уже нет места. Болты какие-то...

Бывает и такое. Как отыщешь эти злосчастные болты? Но если бы была АСУ с подсистемой управления материально-техническим снабжением, следящая за движением всех материалов на базах и складах, никто бы в Соликамск не полетел. Стоит ящику с болтами, тонне цемента или экскаватору «переместиться в пространстве», как информация об этом, переданная прорабом, отправляется в память ЭВМ. Чтобы взять эту информацию, достаточно нажать несколько кнопок. Подсистема помогла бы установить, куда попали болты и на сколько их хватит. А главное, АСУ вообще бы не допустила этой ситуации: там, где есть АСУ, люди не копаются в накладных.

Авралы кончились. Павел Иванович просит секретаршу собрать всех сотрудников, связанных с внедрением новой техники. Но тут в дверях показывается мастер участка.

— Как сварка трубопровода? — спрашивает Павел Иванович.

— А никак!

— То есть как — никак?

— А так. Иванов уволился. Остальные никогда не работали с новым полуавтоматом. Я и пришел спросить, нет ли в тресте кого, кто полуавтомат этот знает. Я уж и в отделе кадров спрашивал...

Пришлось управляющему подписывать бумагу о разрешении сваривать трубопровод вручную: не останавливать же сварку. А сваривать вручную — полторы тысячи убытка.

В то же самое время молодой специалист Зябликов наступал на начальника участка Солодкова:

— Что же это, товарищ Солодков! Я кончал техникум, мне говорили: специалисты по полуавтоматам на вес золота, а у вас нет для меня дела? Ухожу на другую стройку!

Будь в тресте АСУ, все было бы иначе. В АСУ есть подсистема «кадры», где хранятся сведения обо всех сотрудниках и в первую очередь об их квалификации. Диспетчер запрашивает машину, и та выдает ему список всех, кто мог бы иметь дело с полуавтоматами. У такой подсистемы много функций. Каждый раз, когда открывается вакансия, руководитель запрашивает «кадры», как лучше распределить людей. Есть методы, помогающие так расставить людей, чтобы каждый человек приносил наибольшую пользу. При этом учитывается характер предыдущей работы, образование, склонности.

В кабинете у Павла Ивановича — начальник планово-производственного отдела. Плановик зовет его ехать в главк — «утрясать» заявки на материалы. Павел Иванович просматривает кучу бумажек.

— А зачем вам пять лишних электромоторов?

— Не помешают. А вдруг понадобятся — не достанешь. Запас, как говорится, кармана не тянет...

Напрасно согласился Павел Иванович на лишние моторы. Пяти моторам придется пролежать на складе три года. Но вообще-то запас нужен, и знать, какой он должен быть, надо. Есть специальная теория управления запасами. Но для ее реализации нужна АСУ с подсистемой планирования материально-технического снабжения, которая устанавливает оптимальный запас материалов и сообщает, когда пора пополнять его. Исходя из нормативов, хранящихся в памяти ЭВМ, подсистема мгновен-

но выдает расчеты ресурсов при любом варианте плановых показателей.

Что такое нормативы? Известно, скажем, сколько стали и дерева требуется на квадратный метр жилья. Это и есть нормативы, или нормативные потребности. Чтобы определить общую потребность материалов на весь дом или на весь завод, нужно складывать и умножать. Этим и должна заниматься ЭВМ из вычислительного центра АСУ или из отдела материально-технического снабжения. Такая система работает, например, в Главленинградстрое. Там разработали комплекс программ, которые помогают плановикам формировать графики поставок материалов на стройки по месяцам и по суткам.

Когда Павел Иванович вернулся из главка, его ждал начальник участка с обогатительной фабрики. Начальник участка был мрачен.

— Как с сетевым графиком? — Павел Иванович кивнул на чертеж, висящий у него над столом.

Стрелки на чертеже показывали, какие работы за какими должны следовать. Жирной линией был обозначен критический путь — задержка работ на критическом пути сразу приводит к срыву сроков строительства. Критический путь всегда держат под особым контролем.

— С этим, что ли? Да на нем живого места не осталось. Все уже сто раз переменялось. Мне сейчас не график нужен, а бригада монтажников. Без нее мы план сорвем. День простоя — тысяча рублей убытка.

Павел Иванович вздохнул и велел подготовить приказ о передаче бригады Кочеткова на фабрику. Между тем он мог бы вспомнить, что еще вчера передал эту бригаду на другой объект. Но Павел Иванович должен был ошибиться — не здесь, так в другом случае. Такова неумолимая статистика. Принимая оперативные решения в условиях текучки, человек не может не ошибиться: не машина! Тут бы и спросить машину, возглавляющую подсистему оперативного управления. Уж та не забыла бы, где бригада Кочеткова и когда ее передали. Такая система обязана сопоставлять издаваемые приказы с изданными и сообщать руководителю, не противоречит ли он сам себе.

Что же касается сетевого графика, то это превосходное изобретение. Только графики должна строить ЭВМ. Она не вычерчивает их, а просто анализирует заданные в виде таблиц сроки работ, их связи и затраты ресур-

сов. Результаты расчета можно выдавать в виде обычных сетевых графиков, а можно и в виде приказов. При этом легко восстановить все, что делалось раньше: решения, принятые за последний квартал, хранятся в оперативной памяти ЭВМ, а решения годичной давности — в долговременной.

ПРОФЕССИЯ ВЕКА

Одна из первых АСУ была построена на Львовском телевизионном заводе, ныне фирма «Электрон». Решает она три группы задач. Первая — непосредственное управление производством. Здесь АСУ рассчитывает величину партий деталей, сроки их изготовления, строит планы-графики серийного производства, управляет работой цеха, где собирают телевизоры. Вторая группа задач — материально-техническое обеспечение производства, с которым мы познакомились в предыдущей главе. В третью группу входят задачи учета. Это основа всего оперативного управления производством.

В системе «Львов» первичную информацию собирают уже знакомые нам датчики и счетчики продукции. Операторы-документалисты вооружены телетайпами. Телетайп выдает руководителям информацию в систематизированном виде. Любой документ фиксируется на бланке и на перфокарте, ее можно прямо ввести в ЭВМ, и та тотчас же проверит, правильно ли он составлен.

Всеми делами вершит главный диспетчер. Ему подчиняются диспетчеры цехов. Заняты они решением своих оперативных задач, и подчас весьма сложных. Главный диспетчер может по телевизору видеть все, что делается на любом участке; его пульт оборудован селектором телефонной связи, магнитофоном для записи переговоров, световым табло и телетайпом для печатания информации, поступающей на ЭВМ. У цеховых диспетчеров — те же селекторы, телевизоры, телетайпы и кнопки для управления конвейерами.

Посмотрим, как решает «Львов» задачу оперативной корректировки плана-графика. В конце смены мастер сообщает в вычислительный центр, какое отклонение от задания произошло на его участке и чем это грозит производству. Например, он указывает название партии деталей, выпуск которых был сорван, операцию, когда этот срыв произошел, причины срыва. В свою очередь, диспетчер, выяснив обстановку в цехе, называет дату,

когда можно будет возобновить производство деталей. Получив эти сообщения, ЭВМ приступает к корректировке плана-графика. Сначала она анализирует сообщение о сбоях, потом «выстраивает» в график невыпущенные детали. Для этого она определяет количество и размер «окон». «Окно» — это интервал между двумя операциями, в течение которого оборудование может выполнить непредвиденное задание. Если «окно» найдено, его «закрывают», если нет, график перестраивается. Благодаря такой организации ЭВМ в любой момент знает, что делается на заводе, а значит, может решать большинство управленческих задач. На заводе уже не представляют себе, как удавалось работать без ЭВМ и без АСУ.

С каждым годом количество АСУ растет и расширяется сфера их применения. На железных дорогах появилась АСУ «Автодиспетчер». Система составляет план-график движения на много часов вперед и корректирует его в зависимости от обстоятельств. Решения по-прежнему принимает диспетчер или дежурный по станции, но теперь у него есть неутомимый помощник. Когда систему испытывали, она дала сто двадцать рекомендаций насчет грузовых перевозок. Девяносто две были приняты и выполнены, а двадцать восемь диспетчер отклонил. Потом выяснилось, что четырнадцать из них он отклонил необоснованно. На судне «Михаил Ломоносов» установили АСУ для анализа данных, получаемых в процессе гидрофизических исследований. Прежде на этот анализ уходило года полтора работы после рейса. Теперь данные анализа выдаются гидрологам прямо в океане.

Где бы ни была создана АСУ, а строят их повсеместно — на заводах, на железных дорогах, в строительных трестах, в системах связи и воздушных сообщений, — повсюду она представляет собой систему «человек — машина». Рядом с каждым устройством, будь то «Ввод», АРП или электронно-вычислительная машина, находится оператор (или диспетчер, что в принципе одно и то же) — тот самый оператор, кого психологи сравнивали в свое время со столь противоположными друг другу литературными персонажами и чье гротескное изображение было на первых порах неофициальной эмблемой инженерной психологии. Незаметно для себя мы вторглись в сферу деятельности нашего главного героя — человека, занятого переработкой оперативной информации, получаемой главным образом от автоматов.

Оператор, управлявший блюмингом вручную и «внужную», 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 целиком или хотя бы частично сделать непрерывной, где упорядочены потоки информации, людям помогают ЭВМ или системы автоматического регулирования, или те и другие вместе. Облик современного производства определяют и будут определять не «заводы на замке», о которых грезили энтузиасты автоматизации, а системы «человек—машина», где человек и техника включены в единый контур регулирования. По данным технического комитета ООН, в наиболее развитых промышленных странах доля ручного труда сократилась с 1961 по 1975 год с семидесяти шести до восьми процентов, доля полностью автоматического производства возросла с двенадцати до тридцати двух процентов, а доля автоматизированного — с двенадцати до шестидесяти процентов. Автоматизированного — значит, такого, где непосредственной обработкой веществ или материалов заняты машины, а их работу с помощью автоматических устройств контролирует и направляет человек.

Заводской диспетчер и оператор электропечи, дежурный на электростанции и оператор прокатного стана — все они, независимо от степени своего участия в процессах управления, делают, как мы сказали, одно и то же — перерабатывают оперативную информацию и принимают на ее основе решения, от которых зависит судьба людей и сложной техники. Тем же, по сути, заняты рулевые на кораблях и космонавты, железнодорожные машинисты и пилоты. Всех их объединяют сегодня одним понятием — операторы. Оператор — главная фигура современного производства, любой автоматизированной системы управления. Поистине это профессия века.

Скажем прямо, сложная профессия. Автоматы освобождают человека от тяжелых физических нагрузок, но им на смену приходят нагрузки психические. И дело не только в объеме информации, который нередко превышает психофизиологические возможности человека. Дело и в огромной ответственности. Освобождаясь от необходимости выполнять частные операции, человек постепенно переходит от тактических задач к стратегическим. Но

ответственность стратега неизмеримо выше ответственности тактика, выше и цена его ошибок. Если ошибется рабочий-станочник, из-под резца выйдет одна испорченная деталь, если же ошибется оператор, управляющий автоматической линией,— сотни, а то и тысячи деталей пойдут в брак. Последствия ошибки оператора в энергосистеме еще драматичнее, а ошибка пилота или авиадиспетчера может быть роковой. Таков один из парадоксов НТР: с развитием техники растет не только роль человека, но и роль «человеческого фактора» вообще; от этого «фактора» все больше и больше зависит и сохранность самой техники, и благополучие людей, вверяющих ей свою судьбу.

Чувство ответственности не покидает оператора никогда, а с ним и постоянное нервное напряжение. Как же помочь оператору? Что может предложить ему, например, техническая эстетика? Не так уж мало. В главе «Сорок тысяч ударов» мы рассказывали о том, как работает оператор, управляющий обжигом серного колчедана на химическом комбинате в Воскресенске. Давайте посмотрим, что сделали там дизайнеры из ВНИИТЭ во главе с архитектором В. В. Зефельдом.

Прежний операторский пост был будто нарочно оборудован так, чтобы держать оператора в постоянном напряжении. Кресло зажато кольцом из нескольких пультов — композиция в психологическом отношении самая неудачная. Для управления автоматической системой «Пуск» хватило и одного пульта — небольшого, дугообразного стола, наглядно воплощающего в себе одно из требований инженерной психологии — использовать информацию там, где она возникает. Приборы, сигнализирующие о ходе процесса, и органы управления скомпонованы на одной плоскости.

Вместо кольца — дуга, и оператор уже не в плену. И не только не в плену, но даже и не в одной комнате, а в двух. Зефельд разбил пост на две зоны — на рабочую зону и зону отдыха. Оператору вовсе не нужно дожидаться сигнала за пультом. Он сидит в кресле за журнальным столиком, среди золотисто-оранжевых стен, и почитывает газетку. Он не бездействует, не томится, как его коллега у электропечи на ВАЗе. Кроме того, он может созерцать игру рыбок в аквариуме или кормить их. Тоже занятие.

Аквариум — не каприз архитектора. Интерьер проду-

ман тщательно. Зона отдыха уютна — теплые стены, мягкий, рассеянный свет, но окно закрыто матовым стеклом. Это необходимо: на пульт не должны падать солнечные блики, а то можно и перепутать цвет лампочек. С другой стороны, глухое матовое стекло может вызвать ощущение оторванности от мира. Чтобы этого не произошло, окно загорожено огромным аквариумом — маленьким уголком живой природы. Посмотришь на рыбок, и на душе веселее.

В зоне отдыха свет рассеянный, а в рабочей — прямой, нацеленный на пульт. Пульт — центр рабочей зоны. В зоне царит холодный голубовато-зеленый колорит, он не утомляет зрение и помогает различать показания индикаторов, особенно красные сигналы. Не только свет направляет взгляд оператора на пульт, но и склоненный под углом к пульту подвесной потолок из гипсовых перфорированных плит. Все линии интерьера движутся к пульту.

Из радиоприемника, скрытого в пульте, доносится музыка. Но вот на пульте замигала красная лампочка. Оператор не видит ее. И не надо. Автоматически выключается музыка, и в наступившей тишине мягко звенит звоночек. В зоне отдыха темнеет, в рабочей светлеет, а та плоскость пульта, где появился аварийный огонек, уже освещена совсем ярко. Все это происходит за несколько секунд — быстро, но не ошеломляюще. Оператор встает и отправляется на помощь «Пуску». Красный глазок гаснет, зажигается зеленый, пульт погружается в полумрак, возобновляется музыка, зона отдыха озаряется, рыбки продолжают свою игру.

Лучше и не придумаешь. Недаром такие же посты можно увидеть и на других химических заводах. Воскресенский пост стал родоначальником многих таких постов, своего рода типовым образцом.

Да, лучше и не придумаешь, но, к сожалению, лишь для ограниченного круга операторских постов. Обжиг колчедана, как мы сказали, процесс нехитрый. Большинство же процессов, которыми управляют операторы, гораздо «хитрее». Оператор там либо не может ни на минуту отойти от пульта, либо не имеет права расслабиться и почитать газеты, а тем паче любоваться рыбками. Иначе он не справится с непредвиденной ситуацией, которая всегда может возникнуть в системе «человек — машина».

Часть третья



ПРОПАВШИЙ ПИКАП

О непредвиденных ситуациях в автоматизированных системах впервые заговорили инженерные психологи — представители науки, изучающей процессы информационного взаимодействия между человеком и машиной.

Все системы можно разделить на два класса — детерминированные и недетерминированные. Типичный пример детерминированной системы — автоматическая телефонная станция. Ее поведение всегда можно предсказать. Инженеры точно определяют состав и размещение оборудования, режимы его работы, программируют все операции для вызова абонента. Система АТС будет работать по жесткой программе и работать безупречно, пока в ней что-нибудь не сломается. Сломалось — пришел наладчик, нашел неисправность, починил, что надо, и АТС вновь работает. Абсолютно надежных систем, как мы знаем, нет, но поломка в детерминированной системе — не непредвиденная ситуация. АТС, предназначенная для обслуживания какого-нибудь района Москвы, никогда сама собой не перейдет на обслуживание Казани. Точно так же и автоматическая линия, запрограммированная на выпуск шестерен, не станет вдруг

выпекать французские булочки. Все выкрутасы детерминированных систем можно предусмотреть и выработать на этот счет подробные инструкции для обслуживающего персонала, а значит, и для управляющих ЭВМ.

Иное дело, скажем, система управления заводом или — вот он, классический пример недетерминированности! — система управления воздушным движением (УВД). Там мы непременно встретим не только обслуживающий персонал, но и операторов, то и дело принимающих ответственные решения. Эта система, состоящая из множества людей и множества машин, непрерывно перерабатывает информацию, поступающую от радиолокационных станций, от взлетно-посадочных полос, от метеослужбы, от самолетов, которые приближаются к зоне аэропорта, находятся в зоне, приземляются и собираются взлететь. Может ли весь этот поток переработать ЭВМ? Может. И переработать, и отдать команду самолету — все может ЭВМ, пока радиосвязь устойчива, погода прекрасна, график движения не нарушен и соблюдены еще тысячи условий. Но такая благодать, как известно каждому, кто предпочитает самолет поезду, редко снисходит на систему, чье поведение можно предсказать лишь с долей вероятности, подобно тому как физика предсказывает поведение микрочастиц.

Над оптимизацией, как говорил американский математик Ричард Беллман, тяготеет «проклятие размерности». Оптимизировать управление большой недетерминированной системой необычайно трудно, почти невозможно. Но клиентам системы УВД нет дела ни до ее недетерминированности, ни до «проклятия размерности». Клиенты знают только обычные проклятия и осыпают ими ни в чем не повинных диспетчеров, которые в это время напряженно всматриваются в экраны локаторов. Всматриваются, стараясь разглядеть не самолет, а всего лишь его условное изображение — маленькое светлое пятнышко, или «эхо-сигнал», и решают, как лучше выпутаться из непредвиденной ситуации и устранить нарушение, вызванное внезапным изменением обстановки. И так почти ежедневно: в подобной системе нарушение нормального режима — обычное явление, а оптимальный режим — исключение. Чем тут поможет ЭВМ? Помогает только одно — опыт и интуиция авиадиспетчеров.

Все эти непредвиденные «обычные явления» велико-

лжно описал Артур Хэйли в своем знаменитом романе «Аэропорт». В сущности, непредвиденные ситуации — главная и единственная тема романа. Напомним читателю те из них, с которыми непосредственно связана работа операторов.

В один из январских вечеров все службы аэропорта имени Линкольна работали с предельным напряжением. Над аэропортом свирепствовал буран, какого здесь не видели несколько лет. Снег валил трое суток, и в работе аэропорта то тут, то там стали появляться сбои. Родился буран в горах Колорадо. Сначала это был маленький смерч, и метеорологи, вычерчивая для авиалиний карты погоды, не заметили его. И вот словно в отместку им смерч превратился в ураган и сковал холодом и снегом штат Иллинойс. Люди, занятые уборкой снега, выбивались из сил.

Тем временем где-то на летном поле затерялся пикап с обедами для двухсот пассажиров одного из самолетов. Из-за этого самолет задержали на несколько часов. Приготовить и отправить на самолет еду заново или продолжать поиски пикапа? Руководители полетов выбрали второе. Да что пикап! Не поднялось в воздух вовремя сто самолетов. И виноват в этом был не только буран. Собираясь взлететь, «Боинг-707» съехал с бетонированного покрытия и застрял в раскисшей под снегом земле. Из-за этого вышли из строя одна из главных взлетно-посадочных полос, и пропускная способность аэропорта сократилась на треть. Сто самолетов ждало взлета, а двадцать кружило над аэропортом, запрашивая посадку, так как у них кончалось горючее. Командно-диспетчерский пункт (КДП) решил не выпускать в воздух ни одного самолета, пока не разрядится обстановка в воздухе. А она и не думала разряжаться.

Залы ожидания были забиты до отказа. Вылета ждали тысячи пассажиров. На складах авиакомпаний скопилось уйма грузов, в том числе срочных. Особое волнение у служащих вызвал груз авиакомпании «Америкэн эйрлайнз» — несколько тысяч индюшат, выведенных в инкубаторе три часа назад. Индюшат следовало доставить к месту назначения через сорок восемь часов после рождения — таков предельный срок, в течение которого они могут прожить без еды и питья. Кормить их в пути нельзя. Посему решено было снять один самолет с пассажирской линии и предоставить его индюшатам,

в ущерб всем грузам и всем пассажирам, включая «особо важных».

Мел Бейкерсфелд, управляющий аэропортом, стоял в башне у пульта управления «снежной командой» — отрядом для расчистки летного поля — и всматривался в темноту. Даже ночью оттуда были видны все самолеты, освещенные прожекторами, но сегодня перед Мелом мерцали лишь расплывающиеся точки. Заместитель Мела, Дэнни Ферроу, сидел с двумя помощниками за батареей телефонов, телеаппаратов и радиоприемников. Стол перед ними был завален картами и графиками, фиксирующими положение каждой снегоочистительной машины. Машин не хватало, и Дэнни ругался с теми, кто там, на поле, требовал еще машин.

Решили послать за Джо Патрони, главным механиком ремонтной бригады, человеком, обладавшим огромным опытом и ухитрявшимся находить выход из самой безнадежной ситуации. Джо сел в машину, выбрался на автостраду, ведущую в аэропорт, и застрял в гигантской пробке автомобилей, двигавшейся с черепашьей скоростью в снежном месиве. Зато нашелся пикап: его занесло снегом. Мотор продолжал работать, шофер наглотался углекислого газа и потерял сознание. Ему дают кислород, он скоро придет в себя. Слава богу, хоть это с плеч долой.

Мел Бейкерсфелд знал: когда лихорадка спадет, многие служащие аэровокзала подадут прошение об увольнении. Будет и несколько случаев нервного расстройства, преимущественно среди девушек помоложе, остро реагирующих на людскую грубость. Для большинства пассажиров аэропорт — это рейсы и самолеты. Никто не задумывается над тем, что это сложный механизм, состоящий из сотен людей, вооруженных средствами связи и десятками машин разнообразного назначения. И никто не подозревает, что сегодня все эти люди ждут одного человека — Джо Патрони, который доказывает регулировщику, что его автомобиль надо пропустить вне очереди, что из-за его отсутствия двадцать самолетов вот-вот рухнут на аэропорт.

Мел Бейкерсфелд сел в машину и отправился туда, где застрял «Боинг». По дороге он вслушивался в переговоры, которые вели диспетчеры КДП с самолетами. С «Боинга» уже сняли всех пассажиров, сняли груз, откачали большую часть горючего — все равно ни с

места! Патрони сообщил по радио, что будет через час. Мел отправился к снегоуборочной команде, которую все называли «Анаконда». У нее была голова, хвост, туловище, и двигалась она, извиваясь как змея. Во главе на ярко-желтой легковой машине ехал лидер, старший техник. Лидер устанавливал скорость движения для «туловища». Через радиопередатчики он поддерживал связь с пультом управления, «снежной командой» и с диспетчерской. Теми, кто следовал за ним, лидер командовал зелеными, желтыми и красными сигналами. За лидером шли два снегоочистителя, а за ними гигант «Сноубласт». Мощными насосами он всасывал снег, который отгребали снегоочистители, и выбрасывал его за пределы взлетно-посадочной полосы.

Во втором эшелоне, правее, шли два других снегоочистителя и второй «Сноубласт». За ними двигались пять грейдеров и ножами срезали все неровности. Они же подметали полосу крутящимися щетками. Следом шли машины с песком. Строй замыкал младший техник, ехавший на легковой машине и подгонявший отстающих.

Мел слышал, как лидер докладывает диспетчеру:

— Приближаемся к пересечению с полосой два — пять. Прошу разрешения пересечь.

Наземный диспетчер лидеру:

— Остановитесь у пересечения: на посадку идут два самолета.

В тоне диспетчера звучало сожаление. Он понимал, как трудно остановить «Анаконду» и потом снова двинуть ее вперед.

В обычное время на двух главных полосах самолеты взлетали и садились каждые тридцать секунд. Учитывая жалобы соседнего городка, изнемогающего от шума, в часы пик приходилось пользоваться полосой, пересекавшей одну из двух. Неделю назад Кейз, брат Мела, работавший на КДП, говорил ему: «Ну хорошо, лезем мы из кожи вон — разводим самолеты, когда они на волосок от столкновения. Пока аварий не было. Но рано или поздно у кого-нибудь из нас отключится внимание, и тогда...»

Кейз имел в виду как раз то пересечение, которое только что миновала «Анаконда». А Мел увидел то, о чем говорил Кейз: один самолет взлетал, другой садился почти в одном и том же месте. У Мела холодок

пробежал по коже... Он вернулся к себе. В кабинете звонил красный телефон особого назначения.

— Говорит КДП,— услышал он голос руководителя полетов.— В воздухе ЧП третьей категории!

ШАХМАТЫ В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Кейз работал в радарной КДП. Стороннему человеку могло показаться, что буран разыгрывается за тысячу миль отсюда. Но диспетчеры радарной ощущали буран острее тех, кто возился с застрявшим «Боингом». Радарная не имела окон; окна были этажом выше, у руководителя полетов, отдававшего указание о передвижении самолетов на земле. Диспетчеры радарной отвечали за самолет, находящийся в воздухе.

Днем и ночью десять диспетчеров и старших по группе работали при лунном свете экранов. Все стены вокруг них были заняты экранами, приборами, панелями радиосвязи — точь-в-точь как на рисунке Абнера Дина. Капризная электроника нуждалась в особой температуре. Это было двадцать восемь градусов, и диспетчеры сидели в одних рубашках. Сидели они спокойно, но под внешним спокойствием все было натянуто как струна. Напряжение усилил появившийся на экране сигнал, в ответ на который в диспетчерской замигал красный огонек и зазвенел зуммер. На экране появился род гвоздики, только зеленого цвета. Это значило, что где-то самолет терпит бедствие. Самолет был военный. Находясь высоко над аэропортом, он попал в шторм и просил срочную посадку. У экрана сидел Кейз. К нему подключился старший дежурный, и оба они стали давать указания: по телефону — другим диспетчерам, по радио — другим самолетам. Это и было ЧП третьей категории.

Под военным самолетом кружило пять пассажирских, ожидая своей очереди. А на расстоянии двух-трех миль от них с каждой стороны летели другие самолеты, и еще ниже три самолета уже заходили на посадку. Между ними были оставлены коридоры для взлетов, тоже забитые до отказа. И среди этого хаоса надо провести военный самолет. Даже при нормальных условиях это была задача для очень крепких нервов. А сейчас и условия были ненормальные, и на военном самолете отказало радио, и нервы Кейза были в ужасном состоянии.

— «Браниф», немедленно сверните вправо, направление ноль-девять-ноль,— сказал Кейз в микрофон. Он сказал это после того, как старший диспетчер посоветовал ему повернуть «Браниф» вправо, чтобы он не столкнулся с «Истерном». Кейз должен был заметить это сам, но не заметил.

На экране приближавшиеся друг к другу огоньки стали расходиться. Пилот «Бранифа» точно выполнил указание. Пилоты возмущаются иногда неожиданными командами диспетчеров, но, если те произносят слово «немедленно», они повинуются беспрекословно. Они знают: диспетчерам виднее. Через минуту и «Браниф» и «Истерн» получают новые указания. Но прежде надо дать указания еще трем появившимся на экране самолетам. Пока военный самолет не сядет, все остальные будут летать зигзагами в ограниченном пространстве. Это было похоже на шахматную игру, только все фигуры находились на разных уровнях и передвигались со скоростью несколько сот миль в час. Причем в ходе игры их надо было не только двигать вперед, но и поднимать и опускать, да так, чтобы каждая фигура отстояла от прочих на три мили по горизонтали и на тысячу футов по вертикали. Пока шла эта опасная игра, тысячи пассажиров, валясь друг на друга и обливаясь холодным потом, сидели в своих креслах и ждали, когда же, наконец, завершатся их мучения.

Кейз старался сосредоточиться, чтобы удержать в памяти свой сектор. Нужно было мгновенно запоминать местонахождение самолетов, их тип, скорость, высоту полета, последовательность посадки — сложнейшую конфигурацию, в которой непрерывно происходили изменения. Самое страшное для диспетчера — «потерять картинку», образ меняющейся ситуации, а это может случиться с кем угодно, если взбунтуется усталый мозг. Поэтому и слышится в радарной:

— Кейз, тону! Выручи на несколько минут...

— Чак! Возьми на себя «дельту-три»...

«Только не потерять картинку. Не потерять картинку...» Это уже про себя, впившись глазами в экран, напрягая всю свою память и волю, отгоняя все мысли о другом. Диспетчер — не машина. Он не волен над тем, что всплывает из-под сознания, как ни гони. Но умение напрячься — особенность его профессии. Диспетчеры говорят: «Надо обостриться». Без этого нельзя присту-

пить к работе, нельзя выручить тонущего соседа: ведь в чужой экран надо вжиться в несколько секунд, забыв на время свой.

Умение обостряться и в то же время железное спокойствие — вот что требуется от диспетчера. Совмещение этих двух качеств изнуряет нервную систему, разрушает здоровье. У многих диспетчеров аэропорта имени Линкольна развивалась язва желудка, что они тщательно скрывали, боясь потерять работу: платили им хорошо. Лечились они у частных врачей, вместо того чтобы пользоваться бесплатной медицинской помощью, предоставляемой авиакомпаниями. Они прятали бутылки со средством от повышенной кислотности в своих шкафчиках и во время перерывов втихомолку потягивали белую жидкость.

В пятьдесят лет на такой работе человек уже чувствовал себя стариком, но до пенсии надо было тянуть еще десять лет. Многим это было не под силу, и они не дотягивали до конца. Федеральное управление авиации обращалось в конгресс с предложением снизить для воздушных диспетчеров срок выхода на пенсию до пятидесяти лет или после двадцати лет службы. Эти двадцать лет, по утверждению врачей, равнялись сорока годам работы в любой другой профессии. На диспетчеров, прослуживших больше двадцати лет, полагаться нельзя. Конгресс отказался утвердить законопроект. Ну что ж, может быть, передумает после очередной катастрофы...

От ЧП до катастрофы один шаг. В любом крупном аэропорту ЧП возникают несколько раз за день и в любую погоду. Когда случалось ЧП, о нем узнавали немногие, если, конечно, оно завершалось благополучно. Даже пилоту не всегда сообщали, почему его самолету вдруг не дали посадки или велели изменить курс. Зато наземные службы — аварийные команды, скорая помощь и руководители аэропорта — оповещались немедленно и были наготове. Первая категория была самой серьезной и самой редкой: она означала, что самолета уже нет. Вторая указывала на опасность для жизни или на серьезные повреждения. Третья была просто предупреждением: службы аэропорта должны быть начеку. А для диспетчеров ЧП любой категории означало дополнительное напряжение.

Военный самолет спускался все ниже и ниже. Службы были готовы ко всему. Диспетчеры тоже. Но Кейза среди них не было, его подменили. Старший диспетчер понял, что Кейз вот-вот «потеряет картинку». Доверить ему ликвидацию ЧП было нельзя. Нельзя потому, что однажды по его вине произошло ЧП первой категории: в воздухе столкнулись два самолета. Почему Кейз, опытный диспетчер, допустил промах в ясный солнечный день, рассказывать долго. Это целая история, но ничего сверхъестественного в ней нет. Такое могло произойти с каждым. И с каждым могло произойти то, что произошло с Кейзом потом: он разучился «обостряться», разучился улыбаться. В его ушах звенел пойманный по радио, записанный на ленту и прокрученный десятки раз во время следствия голос девятилетней девочки с падающего самолета: «Мамочка! Папочка! Помогите мне, я не хочу умирать...» Кейз не мог больше носить бремя вины. Он задумал покончить с собой. Он неотступно думал о смерти.

И никто из них, ни Кейз, ни брат его Мел, ни Джо Патрони, который уже командовал вытаскиванием «Боинга», ни пилот военного самолета, приземлившегося на расчищенную полосу, ни служащие аэропорта, валившиеся с ног от усталости, — никто из них не подозревал, что через два часа произойдет ЧП второй категории. Что некий неудачник Герреро, застраховав свою жизнь и оформив страховку так, чтобы в случае его смерти деньги получила жена, смастерил бомбу, купил билет до Рима и решил взорвать себя и весь самолет над Атлантическим океаном. Что этот замысел ему удастся привести в исполнение, но что самолет, несмотря на серьезные повреждения и жертвы, вернется в аэропорт — вернется благодаря выдержке и мужеству экипажа и благодаря диспетчерам нескольких аэропортов, которые проведут терпящий бедствие самолет по самой подходящей для него трассе.

Вот что такое непредвиденные ситуации. Кто мог предвидеть, что метеослужба не обратит внимания на смерч, что затеряется пикап, сползет на обочину «Боинг», застрянет в пути Патрони, забьется в тисках урагана военный самолет, Герреро замыслит свой адский план. В большой недетерминированной системе может случиться все, и ко всему надо быть готовым.

БЕГУЩАЯ ЛЕНТА

Все, о чем рассказал Хейли, — это, безусловно, «предельный случай». Сгустил ли он краски? Конечно. Но не в том смысле, что «такого не бывает», а в том, что все «такое» свалилось на один день. Но и бураны, к которым не успевают приготовиться, и выход из строя полос, и ЧП — все это случается сплошь да рядом. И напрягать все свои силы, волю и изобретательность приходится не одним авиадиспетчерам, но и пилотам, космонавтам, руководителям полетов, дежурным энергосистем, машинистам, заводским диспетчерам — всем, кто работает в контурах управления системами «человек — машина».

Даже в Воскресенске, на посту управления сверхспокойным по сравнению с аэропортом режимом, оператор нет-нет да и подойдет к пульту: «Пуск» сталкивается с ситуацией для него непредвиденной. И если вместо «Пуска» появится более находчивая машина и пост управления цехом будет закрыт, никогда не закроется пост управления всем комбинатом: цех может превратиться в детерминированную систему, комбинат или завод — не могут. Слишком велики они для этого, слишком много там подсистем, слишком обширны и разносторонни их связи с внешним миром. Ситуаций, которые можно было бы ввести в программу для ЭВМ, там всех не предусмотреть и не предугадать. Система управления заводом всегда будет системой не автоматической, а автоматизированной — системой «человек — машина».

Об эффективности всякой системы судят по ее надежности. Надежность машины рассчитать легко: надо знать ее технические данные, особенности взаимодействия ее частей, срок их службы и так далее. Инженеры занимаются этим довольно успешно. Но кто рассчитает надежность второго звена системы, надежность человека? Только инженерный психолог. Ему одному, как заметил американский ученый А. Чапанис, автоматизация не угрожает безработицей. Ибо не угрожает она безработицей его подопечному — оператору, центральному звену АСУ.

Вообще-то человек не так уж плох и ненадежен, как это казалось вначале конструкторам автоматизированных систем. В 60-х годах долго пользовался популярностью сравнительный перечень достоинств и недостат-

ков человека и ЭВМ, составленный тем же Чапанисом.

Да, человек вычисляет медленно и неточно, говорил Чапанис. Да, количество информации, которое он перерабатывает, сравнительно невелико. Да, работоспособность его ограничена, он нуждается в отдыхе. Да, у него есть нервы, он подвержен эмоциональным срывам. Во всем этом он безнадежно уступает машине.

Зато машина почти не умеет исправлять свои промахи, она связана в выборе способов действия и задач. А уж использовать неполную информацию и создавать по отрывочным фрагментам представление о ситуации ей и вовсе не удастся. Она выполняет за минуту миллион операций, но ни за что не узнает вас в лицо. Человек редко принимает нелепые решения и еще реже попадает в положение буриданова осла. Машина попадает в него сплошь да рядом. Нет, не так уж плох человек! Он умеет учитывать вероятности событий и предсказывать их развитие лучше машин. Но самое главное преимущество человека — способность разумно и творчески действовать в непредвиденных ситуациях, действовать без всяких вычислений, на основе интуиции, развившейся в нем за тысячелетия эволюции. Нет, человек совсем неплох, и никак без него не обойдешься — надо только создателям систем точно знать, что можно ему поручить, а что нельзя, и что можно и что нельзя поручить машине. Решение всех проблем — в правильном распределении обязанностей между человеком и машиной.

Есть сколько угодно одинаковых машин, но одинаковых людей нет. Для операторской работы нужны люди с крепкими нервами, с хорошим здоровьем, их надо отбирать так же, как отбирают летчиков или космонавтов. И тренировать надо так же.

Психология учит: есть два типа нервной системы — сильная и слабая. Человеку со слабой нервной системой делать в напряженной обстановке нечего: он может растеряться и наделать бед. Что еще нужно оператору? Умение «обостряться», умение не обращать внимания на мелкие неприятности и неполадки, невозмутимость, деловитость. Хорошо, если он будет не лишен чувства юмора: оно поможет ему не делать из мухи слона. Реакция его должна быть быстрой и точной, память — острой, зрение, слух, осязание — безупречными. Он должен быть

и физически вынослив. Отбор и еще раз отбор! И тренировка.

Здесь мы должны упомянуть добрым словом предшественницу инженерной психологии — психологию труда. Еще в 1920 году пермские психологи сконструировали установки для обучения железнодорожных диспетчеров. Установки воспроизводили сложные ситуации, требовавшие развития оперативного мышления. Студенты-практиканты, которым прежде приходилось видеть лишь внешнюю сторону деятельности диспетчера — телефонные переговоры и манипуляции с кнопками, — могли, закончив институт, сразу приступить к работе. Они практиковались на моделях-тренажерах. Модели научили их умению «обостряться», видеть и не терять «картинку».

Потом появились тренажеры и для аппаратчиков химических заводов. Появились приборы, развивавшие у будущих сталеваров способность различать оттенки цвета. Опытный сталевар умел определять температуру плавки по цвету раскаленной стенки печи. Обычно этому учились годами и только в процессе работы. Чтобы сократить этот срок, психологи изобрели прибор, который воспроизводил все оттенки раскаленных стенок. Прибор стоял в классе ремесленного училища.

Точно так же будущие сталевары учились определять при одном взгляде на разлом охлажденной пробы «раскисленность» металла и содержание углерода в пробе. Расспросив мастеров, психологи узнали, что сталевар принимает в расчет величину кристаллов, их плотность, форму, наличие волокон, бугорки, блеск, степень однородности структуры, наличие или отсутствие раковин — и все одним взглядом, так же, как мы, взглянув в окно, определяем без всяких логических операций, какая на дворе погода. Тем не менее, чтобы научиться охватывать картину одним взглядом, надо было сначала ее расчленить и в ходе специальных упражнений научиться выделять каждый признак металла: сначала логический анализ, потом интуитивный синтез.

В наши дни сталевар контролирует температуру плавки по приборам, а о содержании углерода ему сообщают химики из экспресс-лаборатории. Но доля интуиции в его труде не уменьшилась: показания приборов должны складываться в такой же «образ плавки», как

и прежде, когда он складывался из цвета стенки и формы кристаллов.

Все чаще и чаще психологи имели дело с людьми, чья работа во многом уже напоминала работу оператора, занятого переработкой информации. В основном это были железнодорожные машинисты. Переход на повышенную скорость поставил их в тупик. Движения, которые машинист до тех пор выполнял автоматически, он начинал контролировать, поза его становилась напряженной, руки с силой сжимали рычаги, на лбу выступал пот. Есть действия, над которыми долго раздумывать нельзя. «Вычислять некогда, надо видеть!» — говорят авиадиспетчеры. Видеть — значит, не совершая никаких умозаключений, действовать по наитию, за которым кроется отработанный автоматический навык, такой же навык, что позволяет нам идти по улице, не контролируя каждый шаг, умываться, есть, опускать пяточек в автомат, разговаривать, делать тысячи вещей. Для этого нужно только ~~бдло~~ — тренировка.

Первое качество машиниста — способность переносить монотонную работу. И конечно, умение сохранять свою готовность к экстренным действиям в любое время дня и ночи. Особенно — ночи. Ночная работа нарушает суточную периодику организма, который в ходе длительного биологического развития выработал ритм активности и отдыха, приуроченный к смене дня и ночи. Всякое нарушение этого режима — нагрузка на организм. Ночная работа связана и с перенапряжением зрения: во тьму надо всматриваться и всматриваться. Но главное — монотонность.

Монотонность и сама по себе усыпляет: один и тот же стук колес, издавна считавшийся самым лучшим снотворным, одни и те же огоньки светофоров и станционных фонарей. А тут еще укачивающая вибрация да избыток тепла. И вот машинист уже клюет носом. Чего только не придумывали, чтобы не дать ему заснуть! Сажали беднягу на велосипедное седло, рассчитывая на то, что с такого сиденья он свалится, едва только смежит веки. Ничего не вышло: машинисты просто отказывались работать. На некоторых дорогах «прибор бдительности» каждые полторы минуты подавал сигнал высокого тона. Заслышав его, машинист должен был отжать специальный рычаг, прикрепленный у потолка кабины. Если через несколько секунд после сигнала на рычаг не нажимали,

поезд останавливался сам. Днем и ночью, на перегоне и при проходе через станцию, когда у машиниста и без того достаточно хлопот, звучал этот сигнал. Но его не слышали — машинисты спали и под сигнал. Спали и отжимали рычаг во сне, с открытыми и даже с закрытыми глазами, подобно тому как во сне умеют маршировать солдаты.

Как повысить бдительность машиниста? Как помочь ему? Решение было найдено лишь в самое последнее время, о нем мы расскажем в одной из ближайших глав. А пока познакомимся с прибором для отсева тех, кому в машинисты идти нельзя. Это не только дальтоники, это еще и люди, у которых аппарат бодрствования в мозгу слабоват: монотонность усыпляет их очень быстро. Таких людей много.

Прибор называется «бегущая лента». На два валика надевают бумажную ленту, и она движется перпендикулярно к линии зрения испытуемого. На ленте нарисованы фигурки. Человек должен считать их или запоминать. Опыт длится долго — час, два, три. Время от времени испытуемому подают экстренные сигналы, на них он должен реагировать как можно быстрее. В приборе нет ничего, что напоминало бы устройство управления локомотивом, но психологическая обстановка та же; наблюдая за действиями испытуемого, психолог без труда определяет, какова его устойчивость к монотонности и есть ли смысл тренировать его дальше.

Правда, решиться на окончательное суждение не так-то просто. Человек может не выдержать экзамен с «бегущей лентой», но произойдет это не из-за того, что врожденные его качества не соответствуют требованиям железнодорожной психологии, а по каким-нибудь другим причинам. Приговор выносят после проверок.

В основе обучения операторов лежит смена ситуаций, среди которых встречаются и аварийные. Оператора учат на тренажере. Перед ним доска, на доске вспыхивают лампочки, образуя известные ему комбинации. В случае неблагоприятной комбинации, означающей, скажем, «пробку» на станции, снежную бурю в аэропорту или поломку генератора, оператору надо быстро сообщить, что предпринять, и нажать на соответствующие кнопки. Комбинации сигналов создает обучающая ЭВМ. Чаще всего, правда, тренажер стараются сделать так, чтобы ситуация была «как в жизни». Вот будущий ма-

шинист садится в кабину и смотрит в окно. Окно — это экран, куда проецируется летящий навстречу ландшафт. Мелькают столбы, деревья, светофоры, огни. Зеленый, зеленый, опять зеленый, а вот и красный — надо тормозить! Тут и скорость любая, хоть триста километров в час, и цветное изображение — все как в действительности.

Когда оператор пройдет курс тренировок, он уже не будет читать приборы «по слогам» или раздумывать над тем, какую педаль нажать. Он научится охватывать картину одним взглядом, как мы охватываем взглядом целую страницу газеты. У него разовьется и умение предвосхищать события по едва уловимым признакам. Приборы еще молчат, а оператор знает: сейчас поступит важный сигнал. Откуда он знает? В его памяти остались модели тех комбинаций обычных сигналов, которые чаще всего предшествовали сигналам важным. Модели эти работают без порогов сознания и побуждают человека к быстрому действию.

ОПЕРАТОР У СУФЛЕРСКОЙ БУДКИ

Первыми настоящими операторами были летчики. Техника, устремившаяся вдогонку за звуком, поставила их первых в критические условия. Звук отстал от самолета, вместе со звуком отстало и зрительное восприятие. Пилот видел на уровне самолета предметы, на самом деле оставшиеся далеко позади. Чтобы эта совсем не безобидная иллюзия не сказывалась на управлении, психологам пришлось изобретать особые методы тренировки и обучения пилотов. Потом родилась космонавтика со своими, хорошо нам знакомыми по книгам и репортажам методами тренировок. Все командиры нынешних космических кораблей были летчиками, все они умеют водить самолет. Преемственность эта понятна каждому. Но мы хотим обратить внимание на преемственность другого рода: то, что изобретается в «небесных лабораториях», в авиации и космонавтике, служит потом земным задачам.

Открытия, сделанные в условиях особенных и ради особенных целей, долговечнее прочих: они опережают время. Сколько говорилось о том, что дают нам космические исследования! Уже подготовка и запуск первого спутника послужили толчком к развитию новых иссле-

дований: от металлургии и химии космос потребовал материалов с особыми свойствами, от математики и вычислительной техники — средств для молниеносных и безошибочных расчетов, от механики — новых двигателей, от радиоэлектроники — надежных и миниатюрных приборов. Выполняя космические задачи, все отрасли науки и техники поднялись на новую ступень и обогатили человечество сотнями изобретений. К таким изобретениям относятся и методы отбора и тренировок летчиков и космонавтов. Когда стала расти скорость поездов, железнодорожные психологи воспользовались опытом своих авиационных коллег, научившихся тренировать людей для работы с высокими скоростями. Когда земного оператора стала захлестывать лавина информации, и здесь пригодился опыт авиационных психологов, чьим подопечным приходилось иногда переводить взгляд с прибора на прибор до двухсот раз в минуту. А когда речь зашла о помехоустойчивости операторов, методы ее тренировки предложили инженерные психологи, работающие с космонавтами.

Действия летчика похожи на спуск лыжника с горы по извилистой трассе, ограниченной флажками. Ни последовательности в операциях не переменить, ни остановиться нельзя. Горнолыжник вынужден принимать решения со скоростью, навязанной ему трассой. Летчику приходится непрерывно записывать в своей памяти текущие события, связывать их в общую цепочку с минувшими и с надвигающимися. Но звенья этой цепочки иногда рвутся, выпадают, и у летчика происходит нарушение памяти.

Вот один из них при снижении самолета «потерял сознание». Определил он это не по своему ощущению, а по прибору: он хорошо помнил, как прошел высоту пять тысяч метров, а потом вдруг появилась высота четыре тысячи. Что было в промежутке, неизвестно. А было немало: он управлял самолетом, который делал положенные виражи. Другой летчик испытал несколько провалов, но экипаж ничего не заметил, а машина не сбилась с курса.

Сначала врачи заподозрили, что с летчиками происходили малые эпилептические припадки. Провалы сознания, замеченные по приборам, напоминали «состояние отсутствия» у эпилептиков, когда больной узнает о том, что с ним был припадок, по разбитой чашке, которую

до этого держал в руках. Но обследования не подтвердили диагноза. Здесь было то, что психологи, как и физики, называют интерференцией: одно накладывается на другое, и память не удерживает всю цепочку. Летчик ведь должен не только считывать показания приборов, но и обобщать их, видеть, какая обстановка скрывается за символикой. Чтобы перевести показания приборов в мысленную модель обстановки, ему нужно совершить множество сложных преобразований и лишь затем синтезировать их в единый образ, который тут же изменится.

Особенно ярко проявляется интерференция при переходе от языка символов к языку обычных зрительных ощущений на высоте от восьмисот до шестисот метров. В короткие секунды такого напряженного перехода может произойти провал памяти на предшествующие события — ретроградная амнезия. Чтобы проверить это предположение, профессор Ф. Д. Горбов сконструировал прибор, похожий на «бегущую ленту». В окошечке появляется цифра за цифрой. У первой цифры нет никакого знака. Испытуемый ее прочитывает, и на смену ей появляется другая цифра, но уже со знаком «плюс» или «минус». Начинается непрерывная переработка информации, при которой надо помнить каждый предыдущий результат. Допустим, первый раз в окошечке появилась цифра 2, во второй +2. Испытуемый фиксирует цифру 4, которая уходит из его поля зрения. Появляется — 1. Испытуемый фиксирует 3. Внезапно перед окошечком возникает световая вспышка. Лента же продолжает двигаться, и там появляется очередная цифра. И что же? Чаще всего испытуемый оперирует не последней цифрой, не тройкой, а предпоследней — четверкой. Чистейшая модель ретроградной амнезии. Но и без вспышки, а просто после продолжительной работы у испытуемых иногда появлялась амнезия. Нет, у летчиков было не нарушение сознания, а нарушение памяти. А это означало, что человека надо не списывать со службы, а просто тренировать.

Чаще всего оператор включен не в один контур управления, а в несколько. Машинист локомотива в одном контуре управляет движением поезда, а в другом — регулирует работу энергосистем локомотива. Работая в двух контурах, он как бы раздваивается. Особенно это тяжело, когда оператор выполняет задачи, близкие по

своему характеру друг к другу. Типичный пример — дозаправка топливом в воздухе.

Выполнение этого маневра требует от пилота напряженного внимания, большой точности и четкой двигательной координации. Искобятный простор воздушного океана из-за близости самолета-заправщика становится вдруг тесным. Операция заправки объединяет два вида деятельности: привычное пилотирование, основанное на автоматических навыках, и пилотирование, требующее строжайшего сознательного контроля. Эта новая операция, не закрепленная в привычках, стремится подавить навыки пилотирования и вызывает психическое напряжение. В момент дозаправки частота пульса и число дыхательных движений у летчиков возрастают втрое, температура тела поднимается, на лбу выступает пот и из организма в 30 раз быстрее обычного выводится аскорбиновая кислота. Человек — на грани невротического срыва, а значит, и на грани катастрофы. Срывы бывают и в других обстоятельствах, когда, например, пилоту надо вести самолет и вместе с тем следить за действием ведущего или ведомого. Срыв может произойти с любым человеком, работающим в двух контурах.

Невропатолог С. Н. Давыденков приводил в своих лекциях пример из собственного опыта. Искушенный лектор всегда выступает перед большой аудиторией без бумажки. Но вот по какой-то причине у него появляется неуверенность в своей памяти, и он начинает на всякий случай составлять текст своего выступления. Первое же обращение к тексту — и из головы вылетает все, что он хотел сказать. Нить мыслей потеряна, потому что непривычная операция накладывается на привычный стереотип.

Такое же действие может оказать и неуместная подсказка. Летчик и писатель Марк Галлай вспоминает следующий эпизод: «Руководители полетов, стоя на старте, стали сначала давать летчикам на борт информацию о ветре и обстановке на аэродроме (что заслуживало безоговорочного одобрения), затем начали указывать на видимые с земли или предполагаемые ошибки пилотирования, что уже следовало делать далеко не всегда и во всяком случае с большой осторожностью, и, наконец, некоторые из них, войдя во вкус, перешли к непрерывному словесному аккомпанементу «под руку» летчи-

ку. В эфире только и стало слышно «Доверни влево!.. Убери газ!.. Выравнивай!..»

Ничего хорошего из этого получиться не могло.

«По-моему, тот суфлер хорош, который умеет весь вечер молчать, а в критический момент сказать только одно слово, которое вдруг выпало из памяти артиста,— писал по такому же поводу Станиславский.— Но наш суфлер шипит все время без остановки и ужасно мешает. Не знаешь, куда деваться и как избавиться от этого не в меру усердного помощника, который точно влезает через ухо в самую душу. В конце концов он победил меня. Я сбился, остановился и попросил его не мешать мне».

К сожалению, не всякого суфлера можно заставить замолчать. Бывают положения, в которых суфлеры неизбежны, причем в их роли выступают не только люди, но и приборы. С одной стороны, их подсказка необходима, с другой — она мешает переваривать предстоящую информацию, разрушает складывающуюся в мозгу модель решаемых задач. Выход тут один: тренировка. Оператор должен уметь мгновенно переключать свое внимание, несмотря ни на что.

Как показала жизнь, никто из космонавтов не испытывал ни провалов памяти, ни нервных срывов. И этому в значительной мере способствовали тренировка с таблицей, которую придумал Горбов. 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 — 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 на таблице указкой. В это время приборы регистрировали эмоциональное состояние испытуемого. Эксперимент с таблицей, состоящей из «раздражителей», попеременно выполнявших роль то полезных сигналов, то помех, моделировал чреватую интерференцией работу в нескольких контурах. Труднее всего приходилось человеку на среднем этапе работы, где числовая разница между рядами уменьшалась до единицы. Там, где он должен был говорить: «Двенадцать — черная, тринадцать — красная».

В этот момент испытуемый начинал путаться в ответах, а иногда и отводил взгляд от доски. Сердце у него

колотилось, он был бледен, как мел, и покрыт потом. Электроэнцефалограмма наполнялась медленными волнами — верными признаками отсутствия сосредоточенности (вспомните тыняновского писаря!). И вдруг внезапно включался магнитофон, и громкий голос начинал 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! Испытание и тренировка вместе. 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 с самого начала...

Психологи считают, что такая тренировка помехоустойчивости, внимания и воли пригодится не одним космонавтам или летчикам, которые должны одновременно и следить за приборами, и слушать Землю, и разговаривать с ней, но и всем операторам вообще. Всем, кому приходится одновременно делать несколько дел или делать одно, слушая суфлеров.

ПОГОНЯ ЗА ЧЕРНОЙ МЕТКОЙ

Помехоустойчивость — одна из важнейших характеристик надежности оператора. А к ним, по классификации психолога В. Д. Небылицына, относится и долговременная выносливость, и выносливость к экстремному перенапряжению, и степень реакции на непредвиденные раздражители, и «переключаемость» внимания, и устойчивость к факторам среды — температурным скачкам, шуму, давлению. Тут много от техники, как и в термине «надежность», и это хорошо: облегчает анализ. Но психологи далеки от того, чтобы рассматривать человека как машину. Человек особое, интегральное звено системы, и он не простая сумма элементов, он — личность. Критические условия могут разбудить те стороны личности, которые вовсе не участвовали в тренировках. Поэтому даже для обычных условий нужна тренировка разнообразная и интенсивная; чем грубее и неожиданнее будут «помехи», тем меньше ошибок и срывов произойдет потом. Тяжело в ученье, легко в бою!

Когда на смену жестко детерминированным механизмам пришли электронные устройства с более или

менее гибкой программой управления, обнаружилось, что в отсутствии жесткости есть как хорошие, так и дурные стороны. Эти устройства способны принимать решения хотя и не слишком ответственные, но все-таки решения. Вывают о помощи к человеку они редко. Все это хорошо. Но по чисто техническим причинам в этих устройствах возможны случайные отклонения от режима. Достаточно небольшого, как говорят инженеры, возмущения, чтобы через некоторое время в работе автомата возникло как бы беспричинное отклонение.

После взлета корабль «Восток» с Гагариным на борту ушел из зоны прямой ультракоротковолновой радиосвязи. Связь с космонавтом поддерживалась на длинных волнах и по телеграфу. Договорились, что Гагарин будет лаконичен и станет передавать в центр управления только главное. Цифра 5 означала, что все идет хорошо, а цифра 3 — что плохо. Все идет как нельзя лучше, автомат выбивает пятерку. И вдруг пошла тройка! Всех словно обдало ледяной водой. Надо что-то предпринимать! И когда Королев принял необходимое решение, раздался радостный крик оператора: «Все в порядке! Пошла пятерка!» Что же случилось? В аппаратуре произошел сбой, и она «по собственной инициативе» стала выбивать тройку.

«Инициатива» приборов способна вывести из равновесия любого оператора и вызвать у него серьезный невроз. У одного штурмана прибор «слепого бомбометания» отказывал 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 — поймал его с поличным. Но он успел перед этим так нанервничаться, что его вынуждены были отправить в госпиталь и подвергнуть психиатрическому обследованию. Его признали здоровым и годным к полетам, но согласитесь, что когда вас подвергают таким обследованиям, это не способствует вашему спокойствию.

Пришлось психологам включить в программу отбора 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». Работа эта не лишена психологического интереса, и о ней стоит рассказать подробнее, благо автор этих строк наблюдал ее воочию и даже сам пробовал преследовать «врага».

Сотрудник Ленинградской лаборатории инженерной психологии В. М. Водлозеров предложил мне однажды поупражняться на сконструированной им установке. В темной комнате на уровне моих 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 бег. Моя задача нажать кнопку в тот момент, когда она появится в прорези, нажать, когда она ускорит бег и когда остановится. Смысл опыта ясен: проверка и тренировка реакций. Но самое главное — впереди. Самое главное «преследование», непрерывное управление, непрерывная координация работы глаз и рук. Слежением такого рода заняты и пилоты, и шоферы, и машинисты, и операторы, управляющие технологическими процессами.

В опыте это выглядит так: вы стараетесь догнать движущуюся метку другой меткой — визиром и, как бы ни менялся темп ее перемещения, не отставать от нее ни на миллиметр. Сразу это не получается, но через некоторое время дело идет на лад. Вы начинаете угадывать будущее движение метки по направлению и скорости и даже опережать ее визиром. Пробуждается ваш «механизм перцептивной экстраполяции» — способность к предвосхищению перемен в зрительной картине и к реакциям на эти перемены. Способностью этой обладает каждый, только нацелена она на другое — например, на уличный транспорт, на движение которого мы реагируем автоматически.

Аппарат с крутящимся креслом посложнее этой установки. У человека непрерывно меняется поза, изнуряя, но и 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 движения и соразмерность усилий, прилагаемых к ручкам и педалям. Другие приборы записывают частоту пульса, дыхания, кожно-гальванические рефлексy, показывающие эмоциональное состояние испытуемого.

В один прекрасный момент кресло перестает слушаться испытуемого, начинает двигаться «самостоятельно», описывая незапрограммированную кривую. Визир отстает от метки, человек волнуется, пульс и давление у него подскакивают, дыхание учащается. Опыт заканчивается, и испытуемый посылает по адресу аппарата несколько крепких слов. Психологи обследовали шестьдесят семь человек, державших экзамен в летное училище. Шестьдесят четыре из них выразили досаду, но быстро сообразили, в чем дело, и успокоились. Трое же обнаружили чересчур резкую эмоциональную реакцию. И не то чтобы эти трое были людьми неуравновешенными. Нет, в летчики они годились. Просто им надо было потренироваться больше других и привыкнуть к тому, что надежность автоматики — вещь относительная и что осыпать аппаратуру бранью так же бессмысленно, как и законы природы.

Есть летчики-испытатели, есть и испытатели-космонавты. Они испытывают не технику, а человеческие возможности. Настоящий космонавт тоже проходит через все испытания, но до него каждое препятствие уже было взято профессиональным испытателем, который никогда не полетит в космос, ибо он ставит рекорды выносливости только в одном виде этого многоборья.

Испытатели сидели в барокамерах, откуда постепенно выкачивался воздух, потом воздух выкачивали внезапно: космонавт должен быть готов и к резкому перепаду давления. Были термокамеры с тропическим пеклом и арктическим морозом, и там надо было тоже не сидеть сложа руки, а выполнять определенную работу. Были и гиподинамические испытания: человек неделями лежал в вынужденной позе, а врачи смотрели, что происходит в обездвиженном организме. Потом начались испытания в сурдокамерах — испытания психики, поставленной в условия длительной изоляции в замкнутом ограниченном объеме.

Но кому понадобится это умение переносить одино-

чество, когда исследователи космоса 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, а восхождения на вершины гор! Представьте себе заблудившегося геолога, потерпевшего крушение моряка, летчика, который катапультировался прямехонько в океан и с надеждой вглядывается в горизонт. Представьте себе оператора автоматизированного завода, построенного для переработки ископаемых где-нибудь на краю света. Разбушевалась стихия, смена не прибыла, и человек остался один не на пять дней, как предполагалось, а на двадцать. Да мало ли что может случиться с людьми самых разнообразных профессий! Всем им не помешает пройти экзамен на одиночество.

Даже если они окажутся в группе, им тоже не уйти от сложных психологических проблем, которыми занимается групповая психология. Месяцами работают немногочисленные экипажи орбитальных станций. Исследуют океанские глубины обитатели «Силабов» и «Черноморов». Отправляются в кругосветные путешествия экипажи плотов, а под ними бороздят глубины подводные лодки. Бродят по тайге экспедиции геологов. Живут на антарктических станциях коллективы зимовщиков. Дежурят у приборов работники высокогорных метеорологических и космофизических станций. 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 остававшиеся один на один друзья целыми днями не разговаривали друг с другом.

Задолго до запуска первого «Салюта» специалисты по групповой психологии провели уникальный эксперимент — имитировали четырехмесячный полет в космос. Сто двадцать дней люди работали в «замкнутом пространстве», работали дружно и с честью выполнили свою программу. Перед этим они, естественно, прошли индивидуальный отбор и тренировку. Но для совместной работы мало железных нервов или умения переносить

перегрузки. Тут требуются более сложные свойства души: общительность, дружелюбие, терпимость, склонность к юмору. И этого мало. При подборе группы надо учесть все мелочи, 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 совершить в одиночку: на миру и смерть красна. Лучше всего испытать людей во взаимосвязанной работе. Мысль о такой взаимосвязи пришла к тому же Горбову, когда он мылся в душевой с несколькими кабинками. Сосед его пустил себе струю погорячее, и тут же у Горбова в кабине полилась прохладная 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.

Горбов назвал свою модель гомеостатом, в подражание самоорганизующейся системе, изобретенной английским кибернетиком Эшби. Гомеостатическая взаимосвязь вырабатывает у операторов и особую ответственность, и готовность прийти на выручку товарищу. Эксперименты на совместимость следуют один за другим, и вот уже групповая психология становится настоящей наукой, частью психологии инженерной, и ее плодами пользуются организаторы земных АСУ.

ИНФРАКРАСНЫЕ ОЧКИ

День ото дня психологи открывают все новые и новые достоинства у человека. Дополняя чапанисовский перечень, они обращают внимание на необычайную пластичность сенсорного входа человека: человек способен читать полустертый текст, улавливать и шепот, и робкое дыхание, и трели соловья, судить о состоянии управляемого объекта по косвенным сигналам, ему не адресованным,— по шуму мотора или по вибрации пола. Он изобретает способы переработки информации, не предусмотренные конструктором. Он вырабатывает в себе тонкое чувство времени и регулирует продолжительность своих реакций с точностью до сотой доли секунды. И как бы он ни был медлителен, неточен, нестабилен, его гибкость, восприимчивость и непринужденность в выборе средств для выполнения задачи увеличивают надежность системы.

Все, что в чапанисовском перечне машинно, малопомалу передается машинам. От оператора часто ждут уже не скорости реакций, а точности и осмысленности. Нехватка времени на космических кораблях оказалась не такой уж заметной по сравнению с самолетами, хотя корабль и летит в двадцать раз быстрее. В одном из опытов пилоты, которых принято считать людьми «мгновенных действий», реагировали на сигналы медленнее других испытуемых, но зато сделали вдвое меньше ошибок. В этом проявилось остро развитое чувство ответственности, главенствующее над всеми остальными чертами любого оператора. Дежурный энергосистемы никогда бы не синхронизировал генераторы за три минуты, если бы не высочайшее чувство ответственности. Оно-то, как считают психологи, и вызвало к жизни совершенно фантастический прилив сил, энергии, сосредоточенности и скорости.

Психологи открыли, что известный закон силы, согласно которому чем больше энергии поступает в нервную систему от раздражителя, тем энергичнее реакция, применительно к человеку действует не всегда. Если слабый раздражитель имеет для человека особое значение, время реакции на него становится короче, чем на сильный, но менее значимый. В процессе решения задач у человека вырабатывается активное ожидание, и он начинает воспринимать редкие, но важные сигналы скорее частых, но ординарных. Сигналы осмысливаются, получают субъективную окраску, классифицируются, и все душевные силы отдаются самым важным. Человеческое преобладает над машинным.

Все секреты человеческой надежности, этого общего показателя поведения оператора, кроются в активном отношении к задаче. Но резервы его надежности не бесконечны. Отбор, тренировка и обучение пускают их в ход, однако их не хватает для надежности всей системы. Человека надо поставить в такие условия, которые бы застраховали его от ошибок. Ленинградские психологи исследовали точность реакций сложного выбора, предъявляя сигналы авиадиспетчерам. При темпе семьдесят пять сигналов в минуту ошибочными были двадцать пять процентов реакций, при девятидесяти пяти сигналах количество ошибок возросло до пятидесяти восьми процентов, а при ста двадцати — до восьмидесяти семи. Значит ли это, что надо свести частоту сигналов к минимуму? Ни-

чего подобного! При слишком низком темпе ошибки появляются вновь. Не к минимуму, а к оптимуму надо свести темп. Человеку нужен оптимальный темп так же, как и оптимальная освещенность или оптимальный шумовой фон. Во всем необходима золотая середина, первый залог надежности. Инженерные психологи ищут ее для каждого случая и требуют ее от конструкторов.

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, целый курс из пятнадцати одночасовых процедур (опыт поликлиники станции Москва-Курская). Многие из них во время специальных перерывов занимаются аутогенной тренировкой, дающей нервной системе превосходный отдых. Каждого из них готов подменить товарищ, к каждому в случае необходимости спешит опытный руководитель. Но всё это не застраховывает оператора от преждевременной усталости 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 оператор часто и не подозревает о снижении своей работоспособности. Он обнаруживает это слишком поздно, когда одна оплошность накладывается на другую. Он думает, что он в блестящей форме, а через секунду голова его клонится на грудь и он 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 человеком может произойти нервный срыв.

Что ж, если оператор не может сам 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 соответствующие ритмы, а датчики отмечают учащение

пульса, повышение давления, изменения в электрической проводимости кожи. Все эти данные поступают в ЭВМ, та сравнивает их с хранящимся у нее в памяти эталонным нормальным состоянием человека и, если отклонения от нормы увеличиваются, сигнализирует главному диспетчеру: такому-то оператору нужен отдых, он ненадежен. Машина сможет сообщить о своих наблюдениях и оператору: ум хорошо, а два лучше.

Конечно, организация диспетчерского медицинского поста, где концентрировались бы все сведения о состоянии операторов, дело хлопотливое и дорогое, но для большой системы это может оказаться эффективнее, чем, например, включение в контур операторов-дублеров.

Идея такого контроля казалась заманчивой и обещала решение многих проблем организации операторского труда. Но попытки реализовать ее принесли разочарование. Во-первых, приборы оказались чувствительны к внешним помехам, они вводили машину в заблуждение. Защититься же от помех на рабочем месте оператора, оснащенном всевозможной аппаратурой, практически невозможно. Во-вторых, от длительного соприкосновения с электродами кожа начинала раздражаться. Электроды то и дело сползали, провода, соединяющие их с записывающими приборами, перепутывались или обрывались: оператор же не сидит на месте, а если и сидит, то не неподвижно. В-третьих, операторы чувствовали себя какими-то подопытными кроликами. Вся эта история угнетала их. В конце концов они требовали избавить их от электродов. В самом лучшем случае у них появлялось то, что психологи называют «желанием отчитаться перед машиной» — нарочитая деловитость, затемнявшая истинную картину их утомления.

Оператор не должен замечать контроля — вот в чем суть. Он должен забыть о нем. Как этого добиться? Какую реакцию контролировать? Может быть, векодвигательную? Сам по себе это очень точный показатель степени утомления. Когда у человека уровень бодрствования достаточно высок, глаза закрываются у него лишь на краткий миг, а когда он устает, начинают слипаться и миги растягиваются в секунды. Если уловить самое начало этого процесса, еще не ощущаемого человеком и не отражающегося на его деятельности, задача будет решена. Но как это сделать, не касаясь век, без всяких электродов? Оператору придется надеть очки! На очках

будут установлены излучатели и приемники инфракрасных лучей. Оператор лучей не ощущает, а ~~знает~~, и не думает о них. Во время нормального мигания в приемник поступают одни порции отраженных от сетчатки лучей, отяжелеют веки — уже другие. Порции эти можно легко замерять прикрепленными к очкам датчиками, и как только дело дойдет до критического уровня, автоматика подаст сигнал «заменить оператора», а если заменить некому, остановит объект управления.

Первый вариант, с заменой, пригодится диспетчерам аэропортов, второй — машинистам поездов или шоферам грузовых машин в дальних ночных рейсах. Машинисты теперь не отжимают рычаг, а нажимают на кнопку, сообщая автоматике, что они бодрствуют. Не нажал — включаются тормоза. Можно представить себе, как утомляет человека этот непрерывный самоконтроль и как от частых торможений и остановок страдают графики движения поездов. Да и не всегда тормоза успевают за событиями, они ведь включаются, когда человек заснул. То ли дело — очки... Провода от датчиков мешать операторам не будут, а к очкам они быстро привыкнут: к очкам все быстро привыкает, приспособление это обиходное, в нем нет ни грана «подопытности». Можно даже установить на очках маленький передатчик, весом не более пятидесяти граммов, и тогда вообще обойтись без проводов. Оператор будет свободно разгуливать по комнате или по кабине, а передатчик тем временем — сообщать вычислительной машине все, что той следует знать о его работоспособности.

— Инфракрасные очки были сделаны и испытаны, — рассказывает заведующий лабораторией прикладной физиологии Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии АН СССР М. В. Фролов. — Машинисты к ним привыкали быстро, сигнализация срабатывала безотказно. Но, к сожалению, не всегда кстати. Подобно электроэнцефалографу, очки оказались чувствительны к помехам. Они реагировали не только на собственное излучение, но и на тепло, идущее от других источников, расположенных поблизости, от печки, например, в кабине тепловоза или грузовика. В технике часто случается, что какое-нибудь усовершенствование тянет за собой целую цепочку изменений, первоначально несколько и не планировавшихся. Система инфракрасного контроля за утомлением машиниста потребовала переделок в ка-

бине и защиты самих очков от помех. Но даже уговорили инженеров на переделку, все равно очки не решали проблемы. Оказалось, что они не годятся для высокомотивированных, как у нас говорят, операторов. Чувство ответственности берет у них верх над обычным утомлением. Эти люди умеют держать себя в состоянии повышенной сосредоточенности и обостренного внимания очень долго, глаза у них никогда не слипаются, а утомление выражается только в перенапряжении. Тут проку от очков немного... Снова начались поиски — поиски надежного и универсального устройства, которое не повлекло бы за собой никаких переделок в управляемой системе, распознавало бы все оттенки утомления человека и, разумеется, ничем бы не отвлекало его от работы. Какую же реакцию контролировать теперь?

ОДНИ ТОЛЬКО ГЛАСНЫЕ

— А теперь, — говорит режиссер, — сыграем такой этюд. Вы пилот, вас послали на ответственное и трудное задание. Вы его выполнили и возвращаетесь домой. На аэродроме готовится торжественная встреча — благодарность перед строем, может, даже представление к награде, дружеские объятия, цветы... Вы докладываете по радио, что все в порядке и вы на подходе, и вдруг слышите, что аэродром машину принять не может, садиться надо в другом месте. Торжества отменяются. Вы меняете курс и внезапно обнаруживаете, что вышел из строя навигационный прибор. Затем... Нет, пока достаточно. Начали!

Актер, сидя за воображаемым штурвалом, всматривается в воображаемую даль. В его глазах предвкушение триумфа, на губах победоносная улыбка. Короткий разговор с диспетчером, и от упоения нет и следа. Разочарование, досада, тревога, сосредоточенность — целый спектр чувств отражается на его лице, в его интонациях, когда он переговаривается с аэродромами. Но подлинны ли это чувства, размышляет режиссер, глубоко ли он вжился в роль? Как-никак школа Станиславского. Впрочем, приборы покажут...

Нет, это не актерский экзамен, не проба на роль, и дело происходит не в студии, а в физиологической лаборатории. Только актеры настоящие — из МХАТа, из «Современника», из Театра имени Маяковского, из Дет-

ского. Но экзаменуются не они — экзаменуется научная идея, не имеющая к театру никакого отношения.

После долгих размышлений сотрудники лаборатории М. В. Фролова решили контролировать у оператора эмоции и по ним судить о его состоянии.

Эмоциями сопровождается всякая деятельность, а деятельность оператора, который то и дело вынужден искать выходы из непредвиденных ситуаций, пропитана ими насквозь. И по ним можно безошибочно распознавать признаки надвигающейся сонливости или возбуждения, в равной степени свидетельствующие о том, что оператор вот-вот начнет ошибаться и ему необходим отдых. И в этом, и в другом случае наступает отклонение от оптимального уровня эмоций, присущего в норме каждому виду работы. В картине общего состояния человека начинают преобладать отрицательные эмоции, которые согласно концепции профессора П. В. Симонова, заведующего лабораторией физиологии эмоций в том же институте (лаборатория эта тоже приняла участие в разработке контролирующего устройства), возникают обычно при недостатке сведений и средств, необходимых для достижения цели. Сами по себе отрицательные эмоции существуют не напрасно, в них заложен глубокий приспособительный смысл. Они-то и побуждают организм искать нужные ему сведения и средства. Но если организм устал, а информация, поступающая извне, требует быстрых и точных реакций, лучше не разрешать эмоциям чересчур отклоняться от оптимума: организму нужно дать отдохнуть.

Эмоции теснейшим образом связаны с речью. По речи-то и можно судить о них. Речевой сигнал несет уйму информации. Кроме непосредственного содержания, речь обладает интонацией, по которой можно распознать отношение человека к тому, о чем он говорит и что с ним происходит. Ученые находят у речи двадцать тысяч степеней свободы, а у биотоков мозга, динамику которых регистрирует электроэнцефалограмма, — всего двести. Иными словами, речь в сто раз информативнее биотоков, ничто не сравнится с ней в передаче всех оттенков душевного состояния. Когда надвигается вялость и сонливость, речь замедляется, становится сбивчивой, в ней появляются паузы, ее тональность понижается. Когда же человек чересчур возбужден, речь его тороплива, по-своему тоже сбивчива, тональность ее повышена, пау-

зы заполняются словами-паразитами, вроде «так сказать», «это».

Все это так, но какие речи будет слушать контролирующее устройство? Не заставлять же оператора переговаривать в микрофон специальный текст! Где же тогда незаметность! Как раз здесь нет никакой проблемы. Всякий оператор постоянно держит связь со своими руководителями, сообщая им, как он понял команду, какова обстановка, и все операторы, выполняющие общую задачу, переговариваются друг с другом. Даже машинист, ведя состав через станцию, успевает поговорить с железнодорожным диспетчером. Вот к этим обычным каналам связи и будет подключено устройство контроля во главе с цифровой вычислительной машиной.

— Прежде чем научить машину распознавать эмоциональное состояние человека, — рассказывает Фролов, — мы долго учились этому сами. На тренажере, где проходят подготовку будущие пилоты, проигрывались сотни 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. И, как полагается, у него то отказывали двигатели при взлете, то что-то путалось в показаниях о режиме полета. Все это было поводом для переговоров по радио с руководителями полетов, а фоном для этих переговоров служили эмоции, возникающие произвольно, все эмоции, какие только существуют, — от страха до ликования, от растерянности до решимости. Вместе с нашими коллегами из лаборатории профессора Симонова мы слушали и анализировали эти переговоры, прокручивая их записи сотни раз. Мы сопоставляли эмоции с физическими характеристиками основного тона речи — частотой, длительностью, мелодией и с характеристиками резонатора глотки. Мы смотрели, как меняются эти параметры в зависимости от эмоционального состояния: именно по ним машине и предстояло это состояние определять.

Мы слушали и записывали тех, кто занимался на тренажере, и авиадиспетчеров, работающих в реальной обстановке, слушали пилотов и космонавтов, машинистов метрополитена. Затем мы решили проверить результаты и уточнить их, создав актерскую модель эмоциональных состояний. Были написаны соответствующие сценарии, и по нашей просьбе актеры московских теат-

ров и студенты театральных училищ 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 мы искали и находили тех актеров, которые могли переживать любую ситуацию по-настоящему. Это было видно по их электрокардиограммам: предварительно мы нашли взаимосвязь между уровнем эмоций, частотой кардиограммы и конфигурацией ее некоторых зубцов. Наконец, точная речевая модель всех нужных нам состояний была получена и отработана, вся речь по ее физическим характеристикам подвергнута так называемому аудиторскому анализу, а данные анализа отработаны на вычислительной машине. После этого был построен и отработан алгоритм — та последовательность логических операций, следуя которой машине предстояло анализировать сигналы.

Помехи? Да, операторы переговариваются на фоне помех, иногда очень сильных. Каждый это видит и слышит по телевизору, когда показывают переговоры с космонавтами... Система контроля будет воспринимать и гул моторов, и треск разрядов. Если мы не разбираем, что нам говорят, мы переспрашиваем, просим повторить снова. Система же переспрашивать не может. Но ей это и не нужно! Мы не в состоянии восстановить фразу, если услышанные нами ее фрагменты будут слишком оторваны друг от друга, а по отдельным звукам и вообще ничего не разберем. Наша система, наоборот, интересуется лишь отдельными звуками. Ее не занимает содержание сказанного — только звуки и притом только гласные: 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...

Способ оказался универсальным и точным: машина угадывала эмоциональное состояние человека в девяти из десяти случаях из ста. Первый образец системы речевого контроля заказал Аэрофлот, в его создании участвовали специалисты по радиотехнике, электронике, акустике, кибернетике. Скоро такая система будет контролировать состояние операторов в одном из крупнейших аэропортов. Потом — в московском метро. Придет день, и она станет такой же неотъемлемой частью операторского поста, как пульт управления.

Десятки исследовательских коллективов работают над тем, чтобы научить машину воспринимать человеческую речь и вести диалог с человеком не на искусственном промежуточном языке, на котором создаются бесчисленные программы, а на человеческом языке. Машины понимают человеческую речь, но пока еще плохо. Чтобы машина ее поняла, человек должен говорить слишком машинообразно, не отклоняясь ни на йоту от жестких грамматических конструкций и не используя всего того интонационно-мелодического богатства, которым отличается живая человеческая речь. Машина не понимает интонаций, не разбирается в индивидуальной манере говорящего, а значит, и не чувствует отношения человека к тому, что он говорит, не чувствует его состояния. Может ли она при таких ограничениях быть настоящим советчиком, может ли состояться с ней диалог на равных? «Мы надеемся,— пишет М. В. Фролов,— что результаты наших исследований, направленных как раз на то, чтобы научить машину разбираться в интонациях, пригодятся тем, кто работает над проблемой искусственного интеллекта. Умение распознавать интонации значительно расширит возможности машин и вместе с тем освободит человека от той скованности, на которую они его пока вынуждают. Диалог станет богаче, непосредственнее и продуктивнее, и это в конце концов позволит сделать его основным способом общения с машинами будущего и избавиться от неисчислимых издержек, связанных с программированием в том виде, в каком оно существует сегодня. Стоит ли говорить, какой выигрыш получит благодаря этому экономика в целом и какие новые перспективы откроются перед наукой и техникой?»

МАГИЯ СЕМЕРКИ

Принято думать, что если человек в процессе работы делает много ошибок, значит, он либо плохо знает свое дело, либо относится к нему спустя рукава. Бывает и это, но если информация о положении дел будет поступать к человеку в форме, неудобной для восприятия и осмысливания, никакая квалификация и добросовестность не застрахуют его от ошибок. Ведь человек, работающий в автоматизированной системе, не может непосредственно наблюдать то, чем он управляет. Между ним и объек-

том управления вклинивается множество автоматических устройств, и воспринимает он не сам объект, а показания разнообразных 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, переводчик ошибется, разнервничается, ошибется снова, и вот он уже в состоянии стресса.

Когда оператор железнодорожной сортировочной горки должен за две-три секунды сделать до шести переключений, причем промедление в полсекунды может привести к крушению, точность и безошибочность его действий определяются и степенью мобилизации всех его психических резервов, и тем, насколько вся система управления и в первую очередь информационная модель приспособлена к его психике.

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. Можно ли наладить полноценный диалог между человеком и автоматикой без изучения всех закономерностей восприятия, памяти, речи, мышления? Нет, конечно. Да еще в наши дни, когда в контур управления повсеместно включаются ЭВМ.

Такова диалектика автоматизации: многократно увеличивая производительность труда и избавляя человека от физических перегрузок, она, как уже знает читатель, порождает в то же время такие условия, при которых возникают перегрузки психические, а в систему управления с самого начала «закладывается» возможность человеческих ошибок. Как ликвидировать это противоречие? Способ один: с самого начала, на первых же стадиях проектирования информационных моделей, принимать в расчет все особенности человека, которому предстоит иметь с ними дело.

Исследовав все реакции организма, психологи обнаружили, что человек обладает множеством органов чувств, а не только всем известными пятью. Есть у него и анализатор вибраций, и анализатор боли, и температурный, и мышечно-суставной, выполняющий на склоне лет

роль барометра. И все они друг с другом связаны и при случае, вероятно, готовы друг друга заменить.

Способов обращения сразу к двум анализаторам придумано немало. Оператор, например, только по звуку отыскивал одну из тридцати двух 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 вверх, звук был высокий, если вниз — низкий. Ориентированный звуковой сигнал втрое сокращал время поиска нужной шкалы и тем самым заметно уменьшал общее время, которое требовалось оператору на восприятие и осмысливание информации.

В ходе экспериментов выяснилось также, что отношения между физическими (объективными) величинами, при помощи которых кодируется информация, и вызываемыми ими субъективными ощущениями, как говорят в технике, нелинейны. При опознании сигналов человек пользуется так называемыми субъективными шкалами, которые определяются не отдельными физическими характеристиками, а их комбинациями. Считалось, например, что ощущение высоты звука связано только с его частотой, а громкости — с интенсивностью. Эксперименты же показали, что у человека можно создать впечатление определенной громкости звука, комбинируя его частоту и интенсивность. Тон с интенсивностью в сто двадцать децибел и частотой десять герц субъективно равен по громкости тону в сто децибел частотой тысяча герц. Иными словами, между разными параметрами сигналов существуют «обменные отношения». Если нельзя добиться необходимой яркости изображения обычным путем, можно «пойти в обход» и решить задачу, меняя контрастность или цветовые характеристики.

Очень часто оператору приходится обнаруживать 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 сигнала не было, а ему кажется, что был. Логично предположить, что чем меньше шумовых сигналов будет на экране, в который всматривается оператор, тем быстрее и точнее он опознает слабый сигнал. Но оказалось, что это не так: шум может быть и полезен. Если увеличить число шумовых импульсов в единицу времени, получив таким образом равномерное

их распределение по экрану, то среди них оператор скорее обнаружит слабый сигнал. Секрет ясен: весь шум становится фоном и субъективно отходит на второй план.

Многое из этих маленьких открытий вошло в арсенал инженерной психологии и стало воплощаться в устройствах для подачи информации. Но от многого пришлось и отказаться. Апелляция к нескольким анализаторам сразу, к зрительному и звуковому, например, натолкнулась на ограничения «пропускной способности» человека, то есть скорости, с которой он способен перерабатывать информацию в единицу времени.

Для определения пропускной способности было предложено немало остроумных методов. Результаты отличались поразительным разнообразием: от одного до шестнадцати битов (двоичных единиц информации) в секунду. Разнобой сначала обескуражил психологов, но потом они поняли: всё дело в разнице оперативных задач. Почему пропускная способность авиадиспетчера невелика — всего 0,8 бита в секунду? Потому что он вынужден откликаться на каждый сигнал десятком элементарных действий, а для этого требуется больше времени, чем для простого опознания сигнала. У каждого вида работы оказалась своя оптимальная пропускная способность, на которую, кроме характера задачи, влияет еще и объем непосредственной, или кратковременной памяти.

«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 давно, но из этого никаких 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 — почти в шесть раз больше. Из этого Миллер заключил, что объем непосредственной 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 содержимое кошелька.

Миллер наткнулся на семерку в опытах со зрительным восприятием. Потом семерка всплыла при исследованиях восприятия слухового. Ленинградский психолог И. М. Лушихина занималась восприятием речи на фоне помех, исследуя деятельность авиадиспетчеров, получавших сигналы от нескольких мешающих друг другу источников. Оказалось, что разборчивость речи можно улучшить раза в три, если с помощью особого фильтра «срезать пики частотных амплитуд», то есть сделать голос, который воспринимает оператор, похожим на голос Буратино или диснеевского утенка Дональда Дака. Неестественно, зато отчетливо. Найден был и оптимальный темп речевых сообщений — сто двадцать слов в минуту. А какие слова лучше всего опознаются на фоне помех — двухсложные 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 — одной монете. 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 во-

да на киселе», «За семь верст киселя хлебать» — список таких выражений можно растянуть на целую страницу.

О семи днях творения рассказывает нам книга Бытия и о семи тучных и семи тощих коровах, которые увидел во сне фараон. Семь мудрецов было у древних греков и семь чудес света знал эллинский мир. Семь богов и богинь распоряжались судьбами шумеров; каждый ороцкий охотник знал, что основателей его рода было семеро. Семерку почитали все племена, и чем дальше в глубь веков, тем больше мы встречаем семерок. Сложный узор из ямок и спиралей на знаменитой бляхе со стоянки Мальта построен на ритмическом повторении семерки, а с фресок пещеры Ласко во Франции семерки сыплются, как из рога изобилия.

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

У ПОРОГА ВОСПРИЯТИЯ

Правда, в течение непродолжительного времени наш зрительный анализатор способен удерживать гораздо больше «кусков» информации, чем позволяет миллеровский кошелек. Эксперименты, в которых с помощью особо чувствительной аппаратуры регистрировались движения глаз, показали, что несколько миллионных долей секунды на периферии зрительной системы хранится вся предъявляемая человеку информация, сколько бы ее ни было. Затем она переходит в центр зрительной системы. Там, в «блоке» так называемой иконической памяти (в переводе с греческого «икона» — это «образ», «подобие») след воспринятого хранится уже тысячную долю секунды. А дальше начинается уже настоящее восприятие: любой сигнал, будь это цифра, буква, геометрическая фигура, выделяется из фона, в сознании вырисовывается его контур, содержащий основные информативные признаки (признаки эти тяготеют к определенным, «кри-

тическим» точкам контура). Сигнал сравнивается с хранящимися в памяти эталонами, получает оценку, расстается с второстепенными деталями, осмысливается и приобретает форму, пригодную для использования в ответных реакциях или для хранения в долговременной памяти.

Восприятие, таким образом, переводит сигнал с языка непосредственных зрительных впечатлений на язык смысла — делает то, что издавна считалось привилегией чистого мышления.

В одном из опытов, которые проводил профессор В. П. Зинченко, группе операторов, владеющих разными системами счисления и навыками перекодирования, показывали по восемнадцать двоичных цифр, причем время показа было так мало, что обработать информацию в слуховой памяти, то есть затвердить ее, было практически невозможно. И однако операторы очень хорошо воспроизводили ее. Они успевали автоматически переводить цифры из одной системы счисления в другую и тем самым создавать компактные и удобные для запоминания группы. Такого же успеха добились и художники. У них был свой навык перекодирования: они видели нули как фон, а единицы как фигуры, и это само собой уменьшало число объектов для запоминания.

Все это означает, что восприятие, сливающееся в процессе своей работы с кратковременной памятью, способно оценивать ситуацию сразу, без последовательного расчленения и на элементы. Вот почему, когда квалифицированным шахматистам предъявляют на мгновение сложные позиции и просят потом их воспроизвести, они не могут вспомнить расположения фигур, но зато безошибочно указывают на соотношение сил. В такой быстрой и целостной оценке и заключена сущность интуиции — одной из основ всякого творчества. Творчество, писал В. П. Зинченко, «начинается у самого порога восприятия», как только мозг принимается манипулировать информацией, стараясь преодолеть ее избыток и отобрать из нее то, что следует удержать в памяти.

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 мы знаем, что происходило, когда испытуемым, помещенным в сурдокамеры, не оставляли

ничего, кроме рассеянного света и монотонного жужжания механизмов. В этих экспериментах на длительное «сенсорное голодание» вся психика приходила в упадок. Человек пытался восполнить отсутствие внешних образов воображаемыми, а те порой начинали вести самостоятельную жизнь и превращались в галлюцинации. Без притока внешних впечатлений и без реакций на них мозг нормально работать не может — уму нужна пища, восприятию — работа.

Работа эта, заключающаяся в манипулировании информацией, направлена на построение образа; у оператора — на построение образа управляемого объекта. Так как информации много, а кошелек непосредственной памяти невелик, оператору не остается ничего другого, как реализовать мечту средневекового алхимика и заняться переплавкой медных монет в серебряные. Оперативные единицы ~~в~~ памяти, которыми после переплавки, то есть после перекодирования, он наполняет кошелек, становятся весомее. Так опытный телеграфист научается мыслить не точками и тире, а целыми мелодическими образами слов и даже фраз.

В пределах магической семерки ансамбль оперативных единиц меняет свои очертания, стараясь поспеть за переменами в реальной обстановке и непрерывно моделируя ее. Часть этих единиц, 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, получающимся в процессе решения математической задачи. В памяти остаются не числа, которыми мы оперировали, а способ, которым мы воспользовались.

Для простоты анализа психологи поделили переработку информации на четыре этапа. 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 об-

служивание 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 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, назвали 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 поскорее превращалось в немедленное.

Необходимость в этом очевидна. При отсроченном обслуживании особенно велика нагрузка на кратковременную память, которую, впрочем, лучше называть оперативной, ибо 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 сообразит, как выйти из положения, оперативная его память должна справляться с помехами, сохраняя все, что нужно, перед его мысленным взором. Иногда ей 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. Словом, от точек и тире — к целым фразам, от медных монет — к серебряным. Облегчить этот переход и было одной из первых задач инженерной психологии.

«Я выхожу из себя,— говорил профессор Д. А. Ошанин.— Я готов запустить этим будильником в того, кто его сделал. Мне надо поставить звонок на без четверти восемь, а на шкале нет четвертей. На ней одни пятые доли. Но кто это, скажите на милость, встает без двенадцати восемь или двадцать четыре минуты восьмого! Я не против дизайнерских ухищрений, но надо же и меру знать. Если мы с вами проспим — не беда. Хуже, если «проспит» оператор. А у нас что ни прибор, то своя система деления шкалы, или, как они говорят, модуль оцифровки...»

Эта тирада была произнесена лет двадцать назад, когда психологи, разложив по полочкам все операции восприятия и памяти, приступили к анализу приборных щитов и панелей, с которыми работают операторы воздушных и наземных автоматизированных систем.

Вот приборная панель в кабине самолета: ни логики, ни здравого смысла. Приборы наклеены где придется и как попало — «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, как водится, не могли сказать, что лучше: они не видели себя со стороны. Со стороны же было видно, что лишь только стрелки приходили в движение, глаза пилота начинали метаться, каждый раз танцуя от новой «нормы». Психологи усадили летчиков перед панелью с тридцатью двумя 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 — самые распространенные и самые коварные. Эксперименты показали, что на скорость и точность восприятия сигнала влияет все: 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 столь категорично). Влияет на восприятие и шрифт. Летчики 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 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 оператор ошибается в шестнадцать раз меньше, чем с вертикальными. Градусники и линейки начинают исчезать с приборных досок.

Какая шкала будет восприниматься лучше — величиной с монету или с тарелку? Тарелка виднее, но глазу утомительно обегать ее. И тарелка плоха, и монета; лучше всего «розетка для варенья» — шкала диаметром миллиметров семьдесят.

Сами индикаторы приведены в порядок. Но чтобы разумно расположить их, 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 различаем мелькания и движения всяких «раздражителей». Чуткость этого краешка унаследована нами, возможно, от далеких предков, которым во время обеда надо было видеть и то, что ешь, и того, к кому, если зазеваешься, можешь сам попасть на обед. Психологи попробовали воспользоваться этим и создали индикаторы 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.

Обычно приборы располагают в одной плоскости. Если же их слишком много, конструкторы устраивают нечто вроде ширмы из нескольких створок-панелей и окружают ими оператора. Психологи доказывают, что это

не самый лучший вариант, а лучший — панель в виде сферы. 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 и какие нет. Для конструкторов формулируется правило: группировать приборы на панели соответственно с логикой деятельности оператора.

Нужно ли, чтобы оператор имел перед собой всю информацию об объекте управления? Зачем ему непрерывные подсчеты? Психологи вместе с конструкторами создают «нуль-приборы» которые показывают не абсолютную величину какого-нибудь параметра, не давление в атмосферах и не температуру в градусах, а отклонение параметра от нормы, от «нуля». «Нуль-прибор» называют еще командным прибором. Он показывает, например, в каком направлении и насколько надо переместить рукоятку, чтобы система вернулась к норме. Лишняя информация отсекается, код становится проще и декодирование, расшифровка сигналов — самая трудная операция, особенно для новичка.

Задача у психологов одна — разгрузить человека от лишней информации и превратить декодирование из бега с препятствиями в езду по гладкой дороге. Опытный пилот, поглядывая на приборы, видит не столько их, сколько траекторию полета. Это и есть интуиция, мастерство. Но на мастерство ушли годы. А нельзя ли превратить годы в месяцы, придумать такие индикаторы, на которых сразу же обозначалась бы любая траектория, любая обстановка? Можно. На интегральных индикаторах совмещается информация сразу о нескольких параметрах, скажем, о высоте самолета и о скорости подъема или спуска. Такой индикатор может дать летчику сведения не только о положении самолета в данный момент, но и о том, что произойдет с ним в ближайшие секунды, а такая информация для всякого управления — первейшее дело.

Еще эффективнее были бы контактные аналоги, или проще, коналоги, создающие такой же эффект непосредственного присутствия, как и тренажеры. Вот, например, коналог для управления подводной лодкой, заменяющий собой сразу восемь приборов. На экране в виде убегающей к горизонту дороги видно заданное направление движения лодки. Дорога разделена темными поперечными полосами, которые как бы набегают на рулевого. Изме-

нение скорости ощущается по изменению темпа набега-ния полос. Рулевой чувствует то же, что чувствовал бы, если бы лодка всплыла и он смотрел бы 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.

Коналог такого типа создать пока не удалось, но работа над различными его вариантами продолжается. Идея очень заманчива: лучшего прибора для тех, кто управляет движущимся объектом, не придумаешь.

А для тех, кто управляет целой системой движущихся объектов? Представьте себе, что вы сидите за пультом управления большой стройкой. Там, в котловане, урчат бульдозеры, экскаваторы, самосвалы. В окно всей стройки вам не видно. Не видно ее и на экране промышленного телевизора: котлован велик, да и погода капризничает. Удобнее всего управлять всей техникой по радио, как управляет самолетами авиадиспетчер, наблюдая за светящимися эхо-сигналами на экране. Но и этот способ здесь не годится: как узнать, какое пятнышко означает самосвал, а какое бульдозер?

Лучше всего превратить эхо-сигналы в геометрические символы. Таким промежуточным декодированием может заняться ЭВМ. Тут главное — выбрать оптимальный код. За этим занятием автор и застал однажды сотрудников ленинградской лаборатории инженерной психологии Т. П. Зинченко и М. К. Тутушкину. Как изобразить грузовик? Может быть, так прямо — грузовиком? Но его легко спутать с колесным трактором и с автопогрузчиком. Лучше отдать предпочтение условным фигурам. Рефлексометр отсчитывает микросекунды, а психологи выясняют, какие фигуры человек опознает быстрее, а какие медленнее. Квадрат и треугольник занимают 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. Знаковые индикаторы тоже тяготеют к золотой середине. Знак должен ассоциироваться с образом объекта. Экскаватор 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 циф-

ры приходится вводить — объектов много, они разнообразны. Плох, ибо бессодержателен, слишком простой знак, плох, ибо перегружен содержанием, и слишком сложный. Однажды в знак, обозначающий вертолет, добавили букву «В» — сразу увеличилось количество ошибок при опознании. Символы выбраны. Но это еще полдела. Надо еще выбрать уровень яркости знака, соотношение между размером контура и количеством деталей, критическую частоту мельканий. В каждой из этих частот есть свой оптимум, и его надо найти. Только после этого можно передать свои соображения конструкторам. Зрительное восприятие, говорят психологи, можно изучать всю жизнь, потому что всю жизнь будут возникать все новые и новые задачи, которые придется решать операторам. А это значит, что не меньше, если не больше задач возникнет и перед психологами.

Вот один из них: чем определяется время поиска сигнала? Объемом информации? Нет, числом «шагов» — фиксаций глаза. А от чего зависит маршрут шагов? От характера объекта. А характер объекта? От яркости индикаторов, их величины, их плотности, то есть 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 две секунды 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.

Поиски оптимальной наглядности приводят психологов к идее объемного индикатора, дающего трехмерное изображение обстановки. Там же, в ленинградской лаборатории, я видел прообраз такого локатора — похожий на аквариум ящичек, где плавали подвешенные на проволочке белые шарики. Психолога Г.Н. Крылову интересовало, можно ли натренировать объемный глазомер. Она просила испытуемых определить на глазок расстояние между третьим, например, шариком на первой проволочке и пятым — на седьмой. Ошибок было больше, чем правильных ответов. Ошибались всего на полсантиметра.

метра, но ведь в реальной обстановке эти полсантиметра равны километру. На такую величину тот же авиадиспетчер ошибиться не имеет права. Задача создания объемного локатора не решена окончательно и поныне: и в техническом и в психологическом отношении здесь слишком еще много трудностей.

Оператор воспринял информацию, переработал ее и приступил к заключительному этапу — к исполнительным действиям. Он включает и выключает аппаратуру, вводит данные в ЭВМ. Бесперывной игры на кнопках и рычагах от него не ждут, но на кнопки и рычаги он нажимает все равно. И тут он тоже не имеет права ошибаться. А ошибиться нетрудно: от многих движений требуется точная дозировка.

Исследования рабочих движений ведутся много лет. Измерено все — от максимального размаха рук до усилия, на которые способен безымянный палец. Выяснилось, например, что точность движения в локтевом суставе при амплитуде движения двадцать градусов вдвое меньше, чем при пятидесяти градусах. Располагайте самые ответственные органы управления так, чтобы им отвечала самая благоприятная амплитуда. Еще одно правило: реакция должна быть совмещена со стимулом. Что это значит? В ответ на движение метки слева направо оператор должен передвигать рычаг тоже слева направо, а не наоборот. Каждый инженер, проектирующий органы управления, знает 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.

У всех правшей правая рука главнее левой. Но это главенство распространяется, оказывается, лишь на моторные функции. По чувствительности левая рука превосходит правую. Психологи убедились в этом, исследовав рабочие движения, то есть движения, которыми человек воздействует на объект, гностические, которыми он этот объект изучает, и приспособительные: 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.

Для того же чтобы оператор безошибочно опознавал органы управления, придуманы оригинальные формы рукояток. Одна похожа на шляпку гриба, другая — на молоточек, третья — на шестеренку, четвертая — на Сатурн с кольцом, пятая — на резубец. Оператор пользуется ими не глядя и никогда не ошибается. То есть он, конечно, иногда и ошибается, но не из-за того, что путает рукоятки: Сатурн с резубцем не спутаешь.

ДВА ПОДХОДА К СИСТЕМЕ

Кажется, все обстоит так нельзя лучше: информационные модели день ото дня становятся все удобнее, и машина все больше и больше приспособляется к человеку. Да, это, конечно, так, но этого мало: оптимизация нередко затрагивает лишь поверхностную сторону операторской деятельности. Человека, то есть его психофизические возможности, приспособляют к машине, машину, то есть средства отображения информации и органы управления, приспособляют к человеку, но только ли в этом должен заключаться смысл оптимального информационного взаимодействия между ними, не слишком ли узки рамки таких понятий, как «приспособление» и тем более «обслуживание»? Кто тут кого должен обслуживать, и в обслуживании ли дело?

Такого рода сомнения все чаще и чаще стали приходить к инженерным психологам и побудили их пересмотреть самые методологические основы своей науки. Пересмотр этот начался с самой схемы «человек — машина».

Как представляли себе на первых порах инженеры и психологи эту схему? Есть некий объект управления, скажем, самолет, 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, расширяет их, принимает решение и выполняет соответ-

ствующее действие, допустим, нажимает кнопку. Сигнал, возникающий в результате этой реакции, преобразуется и поступает к управляемому 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 известного бихевиористского * принципа «стимул — реакция». Главную задачу исследователи видели в том, чтобы вписать человека в контур системы управления. Исходя из этого, его 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.

Это был *машиноцентрический* подход к анализу систем «человек — машина», подход «от машины к человеку», видящий в симплификации (упрощении) труда основной путь согласования техники с человеком. В своей методологической основе он напоминал те принципы, на которые в начале века ориентировалось конвейерное производство. В русле этого подхода было проведено очень много интересных 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 (магическая семерка — дитя того первоначального периода), его пропускная способность, и от чего все это зависит. Рекомендации, разработанные на основе этого подхода, принесли неоценимую пользу операторам.

Однако с развитием инженерно-психологических исследований стала все больше обнаруживаться ограниченность машиноцентрического подхода, при котором на первом плане всегда оказывались деревья, а не лес — отдельные особенности восприятия или памяти, а не вся совокупность факторов, влияющих на реальное управление реальными машинами. То, что получалось в эксперименте, не всегда подтверждалось в практических ус-

* Бихевиоризм — механистическое направление в буржуазной психологии, сводящее психические явления к сумме простых реакций организма.

ловиях; что происходило на практике, не укладывалось в прокрустово ложе машиноцентрических схем. Определяя, например, пропускную способность человека, его рассматривали как звено, выполняющее функцию канала связи. В известном смысле это было справедливо: 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 специфика задачи, характер мотивации, уровень работоспособности, навык, эмоциональное состояние — множество факторов, не внешних по отношению к его деятельности, а внутренне присущих ей. Выступая в роли звена системы, человек оставался человеком со всем своим «человеческим, слишком человеческим», а раз так, то задачу исследования человека как оператора следовало заменить задачей исследования оператора как человека.

Все эти соображения должны были привести к пересмотру схемы «человек — машина». В инженерной психологии стал формироваться новый, *антропоцентрический* подход к ее анализу, подход «от человека к машине». В рамках этого подхода, возобладавшего прежде всего в советской инженерной психологии, схема «человек — машина» выглядит уже иначе. Есть некий объект управления. Человек ставит перед собой задачу: перевести объект из одного состояния в другое или, преодолевая внешние возмущения, 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 решения и выполняет управляющие действия. Состояние объекта меняется, сигналы об этом поступают к человеку, тот смотрит, достигнута ли цель, и в зависимости от результата оценки начинает новый цикл 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 самой заданной цели. Именно он определяет задачу, выполняет управляющие действия и оценивает полученные результаты. Технические же устройства, ка-

кими бы они ни были,— это всего лишь орудия 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 еще 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 оказываются невысокими, 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.

АНАЛИЗАТОР БЕЗ РАБОТЫ

Рассмотрим в качестве примера систему «летчик — самолет», наиболее обстоятельно изученную инженерной психологией. Именно на этой системе, как мы знаем, раньше всего отразились все пороки неупорядоченного информационного взаимодействия между человеком и машиной. Специфика системы «летчик — самолет» заключается в том, что человек управляет сложным объектом, перемещаясь вместе с ним и испытывая на себе физические воздействия, связанные с изменением параметров среды. И взаимодействует он со своим объектом не только через приборы, но и непосредственно: чувственные ощущения дают ему дополнительные, а бывает, и основные сведения о режиме полета.

Но специфика системы «летчик — самолет» этим не исчерпывается. 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 активнос-

ти? В том-то и дело, что контакт этот из-за внедрения автоматики ослабевает самым катастрофическим образом. Управляя самолетом вручную, летчик не только воздействует на рули, но и непрерывно воспринимает поток мышечных импульсов, которые вместе с визуальными сигналами информируют его о поведении самолета и о результатах собственных движений. Этот поток и дает летчику ощущение своей связи, 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. Происходит сенсорное обеднение той сложной мозговой системы, которая занимается сличением, предвидением и выработкой коррекций, 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 пять — десять раз больше времени, чем спустя полчаса после начала ручного пилотирования. Прекратилось взаимодействие двигательного и зрительного анализаторов, благодаря которому контроль за показаниями приборов протекал произвольно, в единой структуре сенсомоторных 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.

Управление самолетом стало таким сложным делом, что без автоматики не обойдешься. При заходе на посадку по обычным приборам летчику приходилось непрерывно контролировать до шести параметров полета, переводя взгляд с прибора на прибор до 200 раз в минуту, да еще выполняя при этом массу специальных расчетов. От этой тяжелой и, естественно, не всегда безошибочной работы его освободили интегральные директорные приборы, на которые бортовое вычислительное устройство выдает летчику готовую команду: делай то-то и то-то. Взгляд летчика больше не мечется по пилотажным приборам, он устремлен на директорный индекс.

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, под носом, но летчик не видит их, не желает видеть — 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 — 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 в автоматическом полете связи с самолетом и той активности, без которой невозможно эффективное ручное пилотирование!

Передача автоматике управляющих функций на сложных этапах полета неизбежна. Но неизбежно ли снижение активности летчика? Неужели нельзя компенсировать 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, указывавшей на необходимый прибор. Во втором варианте лампочки с теми же надписями были встроены в приборы, к которым адресовала надпись. Второй вариант оказался эффективнее первого. Почему? Сигнальное значение у обоих одинаково, ибо одинаковым было время, проходившее между включением лампочки и речевой реакцией. Но время между включением лампочки и правильной двигательной реакцией было различным, а двигательная важнее речевой. Анализ движений глаз летчика показал, что при первом варианте он переводит взгляд на пилотажный прибор не сразу, а через директорный индекс. Взгляд перенесен, но пилотаж-

ный прибор еще молчит: из-за своей инерционности он не может выдать летчику необходимую для управления информацию одновременно с появлением сигнала. 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. Движения же эти только увеличивают отклонения от режима полета.

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

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. Периодическая коррекция работы автопилота 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.

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 были через час после полета такими 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 самое большее за пять секунд. Когда отказы вводились во время полностью автоматического полета, их обнаружение затягивалось до ста шестидесяти секунд.

На основе исследований подобного рода психологи Н. Д. Завалова, Б. Ф. Ломов и В. А. Пономаренко раз-

работали широко теперь известный *принцип активного оператора*: при распределении функций между человеком и машиной следует прежде всего добиваться того, чтобы человек был не пассивным придатком машины, а выполнял бы активную роль. Этот принцип органично вытекал из антропоцентрического подхода к системе «человек — машина», направленного не на симплификацию, не на упрощение труда, а на гуманизацию техники.

ЛИНИЯ СПОКОЙСТВИЯ

Принцип активного оператора находит свое яркое воплощение в космонавтике. «В свое время известный американский психолог А. Чапанис сказал, что полет Ю. Гагарина означает триумф инженерной психологии,— пишет Г. Т. Береговой.— Может быть, 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 склоняться к определенному техницизму. Но практика показала, что человек на летательном аппарате тогда чувствует себя комфортно, «когда он не «возлежит» на нем, а управляет им, чувствует его «норов» и по его реакциям мгновенно ощущает свои собственные, едва заметные промахи или неточности». Космонавт, пишет Г. Т. Береговой, всегда должен идти чуть-чуть впереди событий. «Из этого, собственно, и складывается психологическое упреждение любой неожиданности. И какие бы ни были автоматы на борту, они помогают и только помогают экипажу... управлять, изменять программу, принимать решение... Человек же в управлении должен иметь возможность свободно менять объем использования автоматики, сообразуясь с конкретной обстановкой».

За двадцать с лишним лет космических полетов в неожиданностях, как известно, недостатка не было, и многие из них были связаны с внезапными неполадками в системе управления. Достаточно сказать, что на кораблях типа «Меркурий» было зафиксировано около ста отказов на каждый полет, в полете «Джемини-5» было отмечено девятнадцать нарушений в работе систем, а

полеты «Аполлона-10» и «Аполлона-13» завершились благополучно только благодаря своевременному вмешательству космонавтов в работу автоматики, их психической устойчивости и мастерству. Н. Армстронг еще до полета на Луну решил, что как только они достигнут высоты сто метров, 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. Не раз приходилось экстренно переходить на ручное управление и нашим космонавтам. Во всех этих случаях, замечает Г. Т. Береговой, «эффективность действий была по сути обеспечена реализацией двух психологических принципов в распределении функций между автоматом и человеком, а именно принципа активности оператора и принципа резервирования».

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. Я вспоминаю, как мой друг Вениамин Ноевич Пушкин, талантливый психолог, ныне, увы, покойный, развивал передо мной идею «мнемосхемы будущего», или, как говорил он, «динамической информационной модели».

«Пока автоматика справляется со своими обязанностями,— говорил Пушкин,— на мнемосхеме нет никаких сигналов. Таковы мнемосхемы у диспетчеров энергосистем, у аппаратчиков химических заводов. Выходит какой-нибудь участок из повиновения — около его номера на мнемосхеме загорается лампочка. Оператор набирает этот номер по телефону и на соответствующем приборе отклоняется стрелка, показывающая, что именно происходит. Оператор поворачивает на пульте переключатель, режим возвращается к норме, лампочка гаснет, мнемосхема снова молчит. Перед оператором мертвая картина, лишенная смысла. Автоматика может позвать его на помощь через минуту, а может и через неделю. Бдительность его, как мы уже много раз говорили, притупляется, и никакие «зоны отдыха» не прельщают его: что проку в приятных антрактах, если пьеса скучна! Да и антракты длятся часами. Нет, работа должна быть прежде всего интересной».

Нужна такая информационная модель, которая отра-

жала 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. Не мертвая модель нужна, не статичная, а динамичная, живая, своего рода Золотой петушок:

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

Вот, например, такая схема. Через панель идут широкие горизонтальные полосы, каждая — технологическая линия: путь воды, путь масла, путь пара. На полосы нанесены вертикальные шкалы. Вдоль каждой шкалы ходит цветной точечный указатель. Он показывает состояние давления, температуры, расхода топлива. Значения этих параметров складываются в пунктирную линию, которая колеблется вдоль прямой полосы, обозначающей границы оптимального режима.

Итак, широкая полоса, в ней полоса поуже, волнистая линия и вертикальные деления. Вот и все. Полосы умещаются на небольшой панели, и оператор с одного взгляда может увидеть состояние объекта. Мнемонические символы котла, турбины, любого агрегата образуют ненавязчивый фон для полос. Модель организована так, чтобы ситуация воспринималась целиком, сразу, «одномоментно», код прост и понятен. Видно, как изменяется режим, нет ли в нем тревожных колебаний. Все видно. Смотреть на схему все время не обязательно. Если нет аварийных вызовов, можно раз в десять минут подойти к ней и посмотреть, как идут дела. Такой режим не даст бдительности притупиться, сохранит ясность мысли, готовность вмешаться в дело, сделает ожидание — самое скучное из всех занятий — деятельным и даже увлекательным...

Последнее рассуждение Пушкина полностью совпадает с тем, что говорят сегодня психологи о смешанном управлении в системе «летчик — самолет»: летчик может сравнительно надолго отрывать взгляд от пилотажных приборов, но качество пилотирования и качество выполнения дополнительных задач, например поиска наземных объектов, от этого не страдают, и готовность летчика перейти на ручное управление не снижается.

Что же касается общей идеи — идеи «динамической модели», то она уже начинает воплощаться в реальных мнемосхемах. Несколько лет назад в АСУ «Цемент-1» была реализована система спорадического контроля, предложенная профессором Д. И. Агейкиным. В этой системе принцип активного оператора воплощен с достаточной полнотой.

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.



ОПЕРЕЖАЮЩЕЕ ОТРАЖЕНИЕ

Совершенно очевидно, что принцип активного оператора, как и антропоцентрический подход вообще, восторжествует тогда, когда всякая система «человек — машина» будет плодом самого тесного сотрудничества инженера и психолога. Сегодня при создании новой системы или при реконструкции старой психолог чаще всего выполняет роль консультанта. Но даже и в том случае, когда он выступает как полноправный соавтор, дело нередко сводится к тому, чтобы наилучшим образом организовать обслуживание техники. В проект вносятся поправки, иногда существенные; бывает, конструкторы, знакомые с идеями и рекомендациями инженерной психологии, реализуют их еще на стадии эскиза, но все это дает лишь половинчатый эффект, ибо речь идет по преимуществу о проекте техническом, о проектировании машины. Между тем, подчеркивает Б. Ф. Ломов, 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 частные инженерно-психологические задачи и создаваться все средства информационного взаимодействия. Человек и его деятельность — прежде всего.

Вот почему от изучения «входных» и «выходных» ха-

рактеристик человека, от анализа отдельных психических функций, свойств 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 и всей структуры операторской деятельности, к созданию общей ее теории. Опирается она при этом и на собственный опыт, и на опыт психологии и физиологии труда, и на системный анализ, позволяющий изучать явления во всех их связях, отношениях и развитии, и на те концепции деятельности, которые в течение многих десятилетий успешно разрабатывались видными советскими психологами. Теория эта и должна стать базой для проектирования деятельности человека, управляющего техникой.

Всякая деятельность исходит из определенных мотивов и направлена на достижение определенной цели. Отношение «мотив — цель» — это вектор, задающий деятельности направленность и интенсивность. Мотивы, в которых отражаются как индивидуальные потребности человека, так и потребности общества, 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, стабильность 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 лишь в категориях «входных» и «выходных» характеристик.

Мотив 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 идеальное представление о конечном результате не сформировано, никакая сложная деятельность невозможна. Ведь именно от *образа-цели* зависит, каким сигналам человек отдаст предпочтение в первую очередь, как он объединит их, с чем сравнит и как оценит, какое, наконец, примет решение.

Достижение цели — не одномоментный акт, а более

или менее длительный процесс: цель как бы развертывается в цепочку частных задач. 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, наконец, и так, что человек имеет не одну, а несколько целей, иначе говоря, он, как Цезарь, занят несколькими видами деятельности. При этом действия, относящиеся к разным видам деятельности, должны выполняться либо одновременно, либо чередуясь друг с другом. 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 — вспомним еще раз тыняновского писаря! — начинает совершать хаотические действия или совсем прекращает работу.

Практически все это означает, что тем, кто будет проектировать деятельность оператора, придется подумать над такими средствами, которые помогали бы человеку сохранять перед собой образ-цель. Будут ли это особые индикаторы, где цель может быть отображена в наглядной или звуковой форме, или речевые команды-напоминания, зависит от особенностей деятельности. Иногда самым эффективным оказывается такой вариант информационной модели, в котором центральное место отведено отношению текущего состояния объекта к заданному, а все остальное находится на втором плане.

Каждое действие, которое совершает человек в процессе деятельности, 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.

Самый низший уровень — работа «по ориентирам», свойственная начинающим операторам. Действия строятся как ответы на сигналы («стимул-реакция»), и человек идет на поводу у внешних событий, то и дело со-

вершая 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 совершенно неэффективным. 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 исследовали П. К. Анохин, Н. А. Бернштейн и другие ученые, одно из центральных мест принадлежит необычайно емкому понятию — *опережающее отражение*. Понятием этим обозначается способность организма к предугадыванию событий, основанная иногда на сознательном, а иногда и на бессознательном отражении и анализе их тенденций. Одна из форм этого отражения — *антиципация* (от латинского *anticipio* — «предвосхищаю»), особенно ярко проявляющаяся в тех системах, где человеку приходится непрерывно корректировать процесс по тем или иным параметрам. С одним из видов антиципации — перцептивной экстраполяцией — мы познакомимся, когда говорили о «слежении с преследованием» (см. главу «Погоня за черной меткой»).

В индивидуальном планировании деятельности антиципация играет ту же роль, какую в самой деятельности 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 ощущать себя хозяином положения — вот залог его активности и надежности.

«ЗАЧЕМ НАМ ЭТОТ ОБРАЗ?»

Почти всю текущую информацию оператор получает от систем отображения. Процесс этот, отмечают психологи, протекает по меньшей мере на двух уровнях. Первый — восприятие физических явлений, выступающих в роли но-

сителей информации,— комбинации световых пятен на экранах, положений стрелки на шкале и так далее. Второй — декодирование воспринятых сигналов и формирование на этой основе мысленной картины управляемого процесса — *концептуальной модели*.

Первый уровень исследован в инженерной психологии достаточно хорошо. Правда, в эпоху преобладания машиноцентрического подхода сигналы, несущие информацию, часто рассматривали изолированно друг от друга. Дело обстояло так, будто человек обладает только световой, только цветовой или только звуковой чувствительностью. В действительности же любой сигнал воспринимается в общем потоке, и благодаря взаимодействию мозговых анализаторов формируется целостное чувственное отражение предметов и явлений. Иногда оператор получает сигналы не только от приборов (инструментальные сигналы), но и через непосредственное воздействие среды (неинструментальные сигналы). Летчик воспринимает вибрацию самолета, крены, изменение силы тяжести, космонавт — перегрузки и невесомость. И эти сигналы приходится учитывать при создании систем «человек — машина», ибо 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 трансформированные сигналы, воспринимаемые в данный момент, так и прошлый опыт человека, его знания и навыки. Этот динамический синтез следов восприятия и памяти облекается в форму представления со всеми присущими ему признаками — обобщенностью, схематичностью, панорамностью. Когда-то эмпирическая психология считала представление «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 детальная, субъективная 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. И вся эта па-

норама взаимосвязанных звеньев отражается в модели как поддающееся единому охвату целое.

Что такое концептуальная модель на практике? Для летчика, например, это «образ полета». Но что это значит? «Под образом полета,— разъяснял психологам один летчик,— я понимаю то представление о моем положении в пространстве, которое сложилось у меня под воздействием внешних условий и опыта... Этот образ иногда может не совпадать с действительностью. Показания приборов иногда не дают достаточной информации для создания образа полета, поэтому летчик дополняет ее своим опытом, памятью».

Некоторые летчики проводят своеобразную психологическую тренировку, совершая определенный маневр или выводя самолет из какой-нибудь 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 отчетов хорошо видно, что управление самолетом — не просто 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 соответствовали всем особенностям процессов обнаружения, различения, опознания, то есть первому уровню, но затрудняли интерпретацию сигналов и «актуализацию» концептуальной модели. Примером может служить все та же мнемосхема.

Когда-то мне пришлось наблюдать за сборкой поста управления блоком «котел — турбина». Собирали пост на опытном заводе ЦНИИКА, а блок тем временем монтировали на ТЭЦ № 21 в новом московском районе Химки — Ховрино. Это была первая совместная работа конструкторов ЦНИИКА и сотрудников Института общей и педагогической психологии.

До тех пор между оператором и энергетическими машинами стояли только автоматические регуляторы. Инженеры решили поставить между ними и оператором ЭВМ, которой предписывалось поддерживать оптималь-

ный режим, запускать агрегаты, сигнализировать оператору о неполадках и заниматься экономическими подсчетами (критерием оптимизации была выбрана себестоимость).

На приборную панель предстояло вывести информацию о пятистах точках технологического потока. Если бы каждый параметр получил свой собственный индикатор, панель растянулась бы на двадцать метров. Конструкторы решили применить систему избирательного контроля. Для нее понадобилось всего сорок индикаторов. Индикаторы уместились на пяти створках, поставленных по периметру полукольца. Форма и размеры приборов, яркость и диаметр лампочек, их плотность и компоновка, цвет всех линий и самой панели — все было обосновано психологическими экспериментами.

Операторы должны были прийти в восторг: вся технология, изображенная в виде мнемосхемы — штриховых символов агрегатов, соединенных цветными «технологическими» цепочками, — как на ладони. Но операторы в восторг не пришли. Они заявили, что мнемосхема им только мешает и они стараются не смотреть на нее.

— Но ведь это отличная опора для памяти: не надо удерживать в памяти образ объекта управления! — удивлялись создатели поста.

— Может, и опора, — отвечали операторы. — Но зачем нам этот образ?

Конечно, наглядность наглядности рознь. Но что же тут именно мешало операторам? По-видимому, писал Д. А. Ошанин, исследовавший этот парадокс, графическое изображение объекта не соответствует тому образу, на который ориентируется оператор. Автор мнемосхемы преследовал одну цель, а оператор преследует другую. Первый изобразил спроектированный им агрегат, а второму нужно управлять им, ему нужен не образ объекта, а «образ управления» (как и летчику — не образ самолета, а образ полета!). Ему нужно знать не технологию во всех ее подробностях, а лишь логику процесса.

Д. А. Ошанин и В. Ф. Венда сравнили в экспериментах два варианта мнемосхемы. Первым обычно пользовались операторы на ТЭЦ, второй, «психологизированный», был создан на основе тщательных исследований в лаборатории. Второй не имел ничего общего с первым: это была обобщенная логическая схема. Эксперимента-

торы подключали обе мнемосхемы к лабораторному аналогу объекта и задавали операторам по двести — триста задач, с которыми те обычно сталкивались в реальной обстановке. Результаты превзошли все ожидания. Общее время решения задач при опоре на «психологизированную» схему сократилось в три с половиной раза, а количество ошибок — в восемнадцать раз!

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 (проблемной) ситуации до такого даже элементарного сенсорного процесса, как обнаружение сигнала. Ведь этот процесс определяется не чувствительностью анализаторов самой по себе, а прежде всего критерием, которым руководствуется оператор.

Выбор варианта из нескольких — вот что такое принятие решения. Сначала человек выделяет проблему, затем выдвигает разные варианты решения (гипотезы), 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 (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 решения — самые неэффективные; лучше всех решения, в которых риск сочетается с осмотрительностью, — своего рода «осторожная смелость».

Кроме типов решений, есть еще и способы их принятия. Анализ поведения летчика при отказе автопилота позволяет, например, 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, выполняет действие. Третий: пилот не только исследует панель, но и совершает ряд пробных движений, манипулируя ручьятками; время задержки достигает пятидесяти секунд. И четвертый: пилот действует по методу «проб и ошибок», совер-

шает пробные, часто хаотические и ошибочные действия, отчего время задержки достигает ста восьмидесяти секунд.

В первом и во втором случае процесс протекает целиком во «внутреннем плане», а в третьем и четвертом еще и во «внешнем»: гипотезы проверяются не только «в уме», но и на практике, даже их выдвижение определяется моторными действиями. Какой способ изберет оператор, зависит от его опыта и от четкости и стройности его концептуальной модели. Такие формы подачи информации, как «психологизированная» мнемосхема или «линия спокойствия», — отличная опора для концептуальной модели, они помогают человеку принимать решения. Этой же цели служат и устройства, подсказывающие оператору в критических случаях, где ему искать информацию, необходимую для принятия решения. Наконец, ему все чаще и чаще помогают ЭВМ, дающие ему советы, благодаря которым он легко определяет последовательность и объем той информации, которая ему нужна.

От решения оператор переходит к *действию*. Действия, доведенные до высокого совершенства, выполняемые легко и быстро, с наивысшим результатом и в то же время с наименьшим напряжением, — это уже навыки, ценнейшее подспорье сознательной деятельности, ее «автоматический» компонент. Когда принятие решений требует развернутой системы специальных действий, как умственных, так и практических, связанных с той же проверкой гипотез, каждую часть процесса 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. Гностические и приспособительные движения, преобладавшие у него на ранних стадиях обучения, постепенно уступают место одним только рабочим движениям, которые превращаются в одно сложное движение, выполняемое точно и экономно и регулируемое уже не на речемыслительном уровне, а на сенсорно-перцептивном, регулируемое осязанием, мышечным чувством и прочей вспомогательной «автоматикой» организма. Мышление же занято общим контролем и решением приличествующих ему задач.

Что же представляет собой мышление оператора? В предыдущей главе мы перечислили типы решений, классифицированные по соотношению процессов выдвижения гипотез и их контроля. Американский психолог Фогель сделал попытку систематизировать решения по их «интеллектуальному уровню». Уровень он ставит в зависимость от логической сложности задачи. Кстати сказать, многие психологи полагают, что мышление вообще — не что иное, как решение больших или маленьких задач, которые то и дело встают перед человеком.

К первому уровню Фогель относит *дедуктивные* решения. Существует три вида дедукции, то есть движения мысли от общего к частному. Первый вид — элементарная дедукция (сигнал — ответ): зажглась лампочка — оператор нажимает кнопку. Второй — оптимизирующая: изменилось положение метки — меняется и положение визира. Третий — адаптивная: ускорилось движение метки — ускоряется и движение визира.

Второй уровень — *абдуктивные* решения. Они менее определены: по следствию нужно найти причину. Например, по правилу, хранящемуся в памяти, выделить сигнал из шума. На третьем уровне — решения *индуктивные* — движение мысли от частного к общему. Здесь все наоборот: для событий находят правило. Вся деятельность оператора в большой системе изобилует индуктивными решениями, особенно в непредвиденных ситуациях, когда правила нет и оно вырабатывается на ходу. И *прогнозическими*: события желательно предвидеть.

Схема условна, как и все схемы, но по ней можно судить о возможностях моделирования процессов решения. Обыкновенные ЭВМ способны к дедукции. Обучающиеся автоматы справляются с абдуктивными решениями и, управляя технологическими процессами, работают, как хорошие операторы, но операторы, чей круг задач четко ограничен и от которых требуется не предвидение, а элементарная сообразительность.

Обретут ли автоматы способность к индукции и прогнозированию? Индукция неразрывно связана с творчеством, даже открытие дедуктивных правил совершается индуктивным путем. Индуктивный метод, опирающийся на аналогию и интуицию, стремится угадать неизвестное и установить основу для новой дедукции. Дедукция — безопасность, индукция — риск; дедук-

ция сдерживает фантазию, не дает уму впасть в заблуждение, но она извлекает из постулатов лишь то, что в них есть. Открытие создается только интуитивной догадкой. Чтобы машина была способна к индуктивным и прогнозическим решениям, те, кто составляет для нее программу, должны до тонкостей знать механизм индукции и интуиции, механизм творческого мышления или, хотя бы на первых порах, мышления оперативного.

Мы вспомнили о моделировании и о способностях ЭВМ, ибо изучение мышления оператора и создание первых «эвристических» программ для ЭВМ, исследование творчества и интуиции — все это началось одновременно, в едином потоке исследований. Первой, впрочем, стала развиваться «чистая» психология творчества. В 1977 году мы посвятили ей целую книгу — «Абсолютное зеркало», в ней читатель найдет многое из того, что его интересует о психологии научного и технического творчества; здесь же мы остановимся лишь на том, что необходимо для нашего рассказа.

Наблюдая за испытуемыми, психологи приходили к выводу, что для решения творческой задачи, то есть задачи, алгоритм которой не известен, надо освободиться от предвзятых представлений и уметь свободно менять взгляд на соотношение между условиями задачи. Что это значит, хорошо видно на головоломке, придуманной венгерским психологом Секеем.

Секей давал 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 додумываются не все 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. Всем известно, что свеча, сгорая, тает. Но формулировка задачи не наводит на эту мысль. Свеча выступает как гиря, это ее «сильное свойство», ее же способность гореть и таять — «свойство слабое», и вытащить его наружу, усилить — равнозначно догадке.

Психологи исследовали, как в ходе решения рождает-

ся догадка. Испытуемые должны были узнать принцип в факте, как бы не связанном с данной проблемой. Им предлагали строить фигуры из спичек, и вся хитрость состояла в том, чтобы догадаться выйти в пространство — построить не плоскостную, а объемную фигуру. Иногда испытуемым давали в виде подсказки легкие вспомогательные задачи, но подсказка никогда не действовала сразу. Человек воспринимал ее, только изрядно помучившись: лишнее доказательство, что к новизне требуется привыкнуть. А в решении задачи, требующей творческого подхода, всегда присутствует новизна; кто решает ее, всегда совершает открытие, пусть маленькое и пусть только для самого себя, но — открытие.

Из словесных отчетов испытуемых, из анализа «мозговых штурмов» стала вырисовываться схема принятия творческого решения. И еще один источник послужил материалом для психологов — рассказы ученых и художников. Все пригодилось. И точный протокол, где запечатлены все этапы размышления, вроде того, что составил математик Анри Пуанкаре, и дневниковая запись Толстого, из которой мы узнаем, как замысел «Хаджи Мурата» превращался в повесть, и рассказ очевидца, например геолога А. А. Иностранцева, о том, как пришел к решению своей задачи Менделеев. И анекдоты о ньютоновом яблоке или о знаменитых обезьянах Кекуле...

Наше мышление, говорил Эйнштейн, протекает, в основном, минуя слова. Оно вырывается наружу то в ярком озарении, то в виде ассоциативных образов. Об одном из таких образов рассказал в книге «Математика и правдоподобные рассуждения» Дьердь Пойа. Долго он размышлял о так называемой теореме Фабри. Сначала, в «период созерцания», он ею практически не занимался, он только любовался ею и время от времени вспоминал ее. Потом ему пришла в голову одна гипотеза, но он все еще не брался за дело. Его преследовало слово «пересадка». Преследовало до тех пор, пока он не понял, что это и есть решение теоремы. Это слово точно описывало основную идею доказательства. Что же такое «пересадка»? Метафора, форма организации воображения, явление эстетическое. Нередко именно эстетическое чувство первым улавливает решение задачи, ведя за собой аналитическую мысль.

Переход к новому совершается, как прорыв из узких рамок в более широкую область. В этих рамках ум за-

держивается до тех пор, пока не исчерпает все их содержимое. И прорыв — не мгновенный акт, в нем психологи выделяют фазы подготовки, скачка и развития. Даже сам скачок делится на два этапа — на решающий и завершающий. Первый — появление идеи, содержащей в себе ключ к решению задачи, второй — реализация идеи в виде развернутого решения. Первый этап часто мгновенен, он-то и есть озарение. Второй растянут. Но в осознании этого процесса скачок, естественно, преобладает, вот почему так трудно передать, как возникла новая идея. Как ухватить момент, когда индукция уступает место интуиции, высшей ступени познания, когда меняется состояние самого ума? Вот почему потом прежде всего вспоминаются метафоры вроде «пересадки», чисто внешние подробности, за которыми только опытный психолог способен угадать все этапы мыслительной работы.

Особым толчком к развитию подобных исследований послужило появление ЭВМ, которые психологи и математики попытались научить решению творческих задач. Стали появляться первые эвристические программы. Одна из них, называвшаяся «Логик-теоретик», доказывала теоремы по математической логике. В основу этой программы были положены правила, которыми пользуются люди. Американский психолог Рейтман, используя словестный отчет одного композитора, создал программу для сочинения музыки. Несколько месяцев Рейтман и его сотрудники не покладая рук фиксировали все, что говорил, пел и играл композитор, сочиняя фугу. Это был каторжный труд для обеих сторон. Композитор решал сложную задачу, психолог — сверхсложную. Но дело подвигалось. Рейтман научился понимать, что кроется за смесью междометий, напевов и специальных терминов, и даже угадывать, как сочинение пойдет дальше.

«Логик-теоретик» решал теоремы, рейтмановская программа сочиняла музыку, ученым же хотелось создать программу, которая справлялась бы с любой задачей. За это взялись А. Ньюэлл, Г. Саймон и Дж. Шоу. Программа, которая у них получилась, была названа GPS — по первым буквам английских слов «универсальный решатель проблем». Работала она методом последовательного приближения, который похож на игру в «горячо — холодно». Рейтман подтвердил, что она может сочинять

музыку не хуже его программы. Когда же ее научили игре в шахматы, математиков постигло разочарование: GPS играла недурно, но без воображения. Она не перебирала вариант за вариантом, она шла к цели, оценивая ход за ходом и выбирая из них лучшие по заданному критерию. Это была машинная игра, а не человеческая. В конце концов выяснилось, что есть класс задач с определенной областью поиска и класс с неопределенной. К первому относятся задачи, связанные, например, с планированием и проектированием. Их можно поручать ЭВМ. Задачи же с неопределенной областью, про которые неизвестно, где и как искать решение, поручать ЭВМ пока нет смысла. Метод последовательного приближения встречается в делах житейских не часто. И в деятельности оператора большой системы тоже.

ИГРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ДИСПЕТЧЕРА

Но какие же задачи решает оператор? Оказалось, что среди них есть и задачи типа «свечи Секея», и задачи, подобные поискам формулы бензола, и комбинаторные. А комбинаторное мышление — чисто творческое мышление. Тысячи комбинаций видит на своем веку диспетчер аэропорта, тысячи комбинаций распутывает руководитель предприятия. Но каждый раз в знакомую как будто комбинацию вплетаются новые элементы, и каждый раз она становится не похожей ни на одну из предыдущих.

Психологи пытаются найти способ объективной регистрации оперативного мышления. Кинохронометраж? Но как из него понять, что делал оператор в то время, когда, если верить камере, он «ничего не делал», то есть наблюдал за табло. Словесный отчет? Операторская деятельность — это не сочинение музыки и даже не решение головоломки, когда можно задуматься и дать оценку собственным действиям.

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 исполнителям, собрать со всех путей и подготовить к прицепке вагоны.

С порожняком приходится комбинировать не меньше, чем с дивизиями на поле боя или с шахматными фигурами. 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. Такие задачи уже называют проблемными: виден конфликт между условиями и требованиями. Условия, или элементы проблемной задачи, можно поделить на динамические (поезда, самолеты, строительные машины) и статические (пути, взлетные полосы, цехи). Задача требует пространственного комбинирования элементов. Решается она методом некоторой последовательности «шагов» и обычно в нескольких вариантах, обладающих разной степенью оптимальности.

Сколько ни наблюдай за оператором, как ни постигай структуру задачи, вскрыть механизм ее решения до конца невозможно. Но за оператором и не надо больше наблюдать! Всякая система управления имеет «игровой» характер. Дежурный по станции играет «в поезда», авиадиспетчер — «в самолеты», цеховой диспетчер — «в технологию». Всякий оператор занят игрой. Его противник — среда, создающая проблемные ситуа-

ции, его ход — часть плана, в котором чаще всего присутствует то, что в логике называют импликацией. Импликация выражается союзами типа «если... то...». «Если он меня так, то я его этак!» Оператор играет в игру, которую можно воспроизвести в лаборатории. То, чем он занят, как две капли воды похоже на игру в «пятнадцать» или в шахматы. Психологи возвращаются в лабораторию.

Любая задача игры в «пятнадцать» решается той же совокупностью шагов, связанных с перемещением объектов в пространстве. Она имеет те же решения разной степени оптимальности. Труднее всего упорядочить ситуацию в последних шести клетках. Поэтому психолог Д. Н. Завалишина взяла для эксперимента только эти шесть клеток. Так возник вариант игры в «пятнадцать» — игра в «пять».

Два ряда из трех клеток. В клетках как попало расставлены пять пронумерованных фишек. Фишки надо расположить в последовательности: 1, 2, 3, 4, 5. Разрешимых ситуаций в этой игре пятьдесят девять: шестиходовые, четырехходовые и так далее. Если решать задачу простым перебором вариантов, на это потребуется очень много времени. Но, как и предполагала Завалишина, в каждом опыте игроки пытались найти такой вариант, в котором было бы наименьшее количество ходов. И находили, потому что связывали фишки в единый образ.

Решение задачи непременно предполагает установление связей между элементами в их динамике. Связи устанавливаются при перемещении элементов, когда их признаки выступают наружу. Игрок вырабатывает план, по которому старается упорядочить элементы в целое, и всегда стремится узнать в исходной структуре конечную.

Проанализировав результаты пятисот опытов, Завалишина, подобно Рейтману, сумела создать эвристическую программу для игры в «пять», построенную на человеческих способах решения задач. Но игра в «пять», основанная на «динамическом узнавании» структур, на «горячо — холодно», дала ответ психологам только на часть вопросов. Человек узнал один из пятидесяти девяти заранее известных, пусть не ему, а экспериментатору, вариантов. Экспериментатор узнал, что собой представляет узнавание. Но человек не создал принципиально но-

вого варианта, не открыл нового принципа. Игра в «пять» исчерпана — надо переходить к шахматам!

Чтобы исследовать мышление шахматиста, надо суметь зарегистрировать его «мысленные шаги». Ни запись ходов, ни запись мышления вслух не показывают хода мысли. Остается кинорегистрация движений глаз. Глаз — безошибочный индикатор мышления. По тому, как он движется, психолог способен уловить все нюансы мысли, ищущей решение. Человеку предлагают этюд: найти лучший ход для белых в сложной позиции. Видно, как глаз движется между элементами задачи — фигурами, как он вновь и вновь возвращается к ним, словно пытаясь обнаружить признаки, не замеченные прежде (быть может, те же «слабые» признаки), как он вычерпывает из них информацию до последней капли. Постепенно из всех фигур выбираются такие, которые можно рассматривать как условия задачи, остальные отходят на второй план. Глаз сосредоточился всего на пяти или шести фигурах. Понятно, что он оценивает несколько вариантов. Перебора всех возможных вариантов, конечно, не было. И выбора из них наилучших тоже не было: чтобы выбрать, надо сначала перебрать. Несколько вариантов возникли как бы сами собой. Да, конечно, человек вовсе не уменьшал число возможных вариантов, а действовал прямо противоположно — увеличивал это число, формировал новые варианты. Отобранные фигуры оцениваются снова и снова. Окончательный вариант готов. Шахматист закрывает глаза и сообщает решение. Съемка закончена. Психолог обрабатывает пленку. Результат не вызывает сомнений: налицо чисто творческий процесс — создание нового варианта!

Отвергнув перебор вариантов, свойственный ЭВМ, создатели первых эвристических программ взяли за основу метод последовательного приближения, или, иначе, лабиринта. С этой точки зрения каждый ход в шахматной игре напоминал бы перемещение с одной площадки лабиринта на другую. Ничего подобного в действительности не происходит. GPS оказалась посредственным игроком потому, что шахматы не лабиринт, а бесконечная среда, в которой ориентируется лишь тот, кто не ищет выхода, а прорубает себе путь, кто творит. Чтобы машина хорошо играла в шахматы, ей, кстати, надо уметь видеть позицию в буквальном смысле, охватывать ее и целиком, и по частям, уметь строить систему —

шахматную позицию — из дискретных элементов. Только тогда она сможет создавать варианты, достойные интуиции гроссмейстера.

Эти дискретные элементы ничего общего не имеют с буквами или цифрами, которые машина с трудом научилась распознавать. У элемента, шахматной фигуры, есть свои изначальные признаки: слон ходит по диагонали, ладья — по горизонтали и по вертикали, конь — буквой «Г». Но вот наш конь делает свой Г-образный ход, слон пересекает доску и съедает пешку, ладья объявляет шах королю. Изначальные признаки реализуются, и у каждой фигуры появляются новые признаки, открывающиеся только в данной ситуации: конь угрожает ферзю, ладья королю, а слон, напротив, обречен. Эти новые признаки психологи называют актуальными. Иногда, как у припертого к стенке слона, их может быть очень мало, а иногда много: конь может напасть на несколько фигур — между ним и этими фигурами устанавливаются новые связи. Глаз, возвращавшийся к одной и той же фигуре, как раз эти связи искал.

Решение шахматных задач и сводится к выявлению актуальных признаков у фигур и к установлению связей между ними. Человек создает систему элементов из тех фигур, которые в данный момент связаны с другими. И эта система уже воспринимается как непрерывный объект, как уже известный нам оперативный образ — концептуальная модель в действии.

ПОЛКОВОДЕЦ У ЖИВОЙ КАРТЫ

В главе «Профессия века» мы сравнили оператора со стратегом. Это была не только метафора. И задачи, которые решает оператор, носят стратегический характер, и методы их решения очень похожи на методы руководства сражением. На последнее обстоятельство обратил внимание В. Н. Пушкин в своей работе «Оперативное мышление в больших системах», где был подведен итог многолетним его наблюдениям за действиями железнодорожных диспетчеров, исследованиям игры в «пятю» и в шахматы и полученные данные сопоставлены с теми выводами, к которым пришел еще в 40-х годах известный психолог Б. М. Теплов в своей работе «Ум полководца».

Когда взаимодействие человека и машины организо-

вано по принципу «стимул — реакция», оператор, конечно, не более чем тактик. Инициатива ему не принадлежит, он лишь обороняется. Но когда он сам навязывает противнику бой и в известной степени влияет на ход событий, он уже становится настоящим полководцем. В его руках мощное оружие — современная информационная модель, дающая ему и детализированную информацию, и обобщенную, показывающая ему не только то, что происходит, но и то, что может произойти. Это — живая карта сражения, и, глядя на нее, он не ждет вылазок противника, а благодаря безупречной разведке замечает любую передислокацию в его стане и успевает нанести ему удар в самое чувствительное место. Понятие «опережающее отражение» приобретает двойной смысл.

Б. М. Теплов называл мышление полководца продуктивным и рассматривал его как особый вид творческого мышления. Такое же мышление присуще и оператору. Когда возникает проблемная ситуация и оператору нужно быстро принять решение, он не перебирает в уме все известные ему варианты, а создает новый вариант, адекватный новизне и непредвиденности ситуации. Он творит! Его успех определяется не только навыками и знаниями, но и его решимостью, изобретательностью, интуицией, талантом — всем тем, что отличает и ум полководца. Он творит и тогда, когда успевает углядеть опасные тенденции и когда не успевает — в любом случае ситуация остается проблемной, а инструкции для нее имеют самый общий характер.

Здесь мы можем вспомнить давнишний спор между психологом-романтиком и психологом-классиком, кого же из литературных персонажей напоминает изображенный Абнером Дином оператор. Тогда, семнадцать лет назад, ближе к истине был, пожалуй, классик: положение у операторов было таким же незавидным, как и у тыняновского писаря. Инженерная психология делала свои первые шаги и не сбросила еще с себя узы машиноцентрического подхода; оператор выполнял еще функцию «канала связи», он вынужден был подлаживать свою психику к несовершенным средствам отображения информации, лавина сигналов захлестывала его, и угроза нервного срыва нависала над ним то и дело.

Сегодня «ситуация писаря» еще жива, но на всех фронтах она сдает свои позиции «ситуации Сирано де

Бержерака». Оператор еще «сражается со стрелками», но теперь он вооружен не одной шпагой, не одними кнопками и рукоятками, но и «орудиями дальнего действия» — «психологизированными» мнемосхемами, «линиями спокойствия», директорными приборами, электронными советчиками и электронными контролерами эмоций. Информационное его взаимодействие с машиной все чаще организуется так, чтобы он чувствовал себя хозяином положения и «шел чуть-чуть впереди» событий, чтобы он мог планировать свои действия, предвидеть развитие ситуаций и побеждать. В таком положении даже не был и Сирано, который хоть и сам спровоцировал битву, но в победе все-таки уверен быть не мог.

Классик был ближе к истине, но к истине преходящей, временной. Более основательную истину, то есть тенденцию, угадал романтик. Тенденция — вот что главное в явлении, которое развивается. Если бы я был художником, я бы придумал для инженерной психологии новую эмблему и вместо подвешенного к потолку человечка изобразил бы на ней — нет, не Сирано де Бержерака (этот храбрец, забияка и остролов не наш герой: он слишком одинок и умеет управлять лишь самим собой), — нет, я изобразил бы на ней склонившегося над картой полководца — командира современной техники.

Человек решительный и вместе с тем предусмотрительный, человек, исполненный творческой активности, — вот каким представляет себе командира техники инженерная психология, которую по аналогии с концепциями П. К. Анохина, Н. А. Берштейна и других наших физиологов можно назвать психологией активности. Помочь человеку раскрыть в себе творческие черты, дать простор развитию его активности — к этому стремятся и она и те науки, вместе с которыми инженерная психология работает над созданием систем «человек — машина».

Задача эта, которую на поверхностный взгляд можно принять за «частное дело» определенного комплекса дисциплин, озабоченных надежностью и эффективностью автоматизированных систем, при более внимательном рассмотрении оказывается тесно связанной со всей экономической стратегией нашей партии, имеющей своей основной, генеральной целью, как ее сформулировал XXVI съезд КПСС, «неуклонный подъем материального и культурного уровня жизни народа, создание лучших условий для всестороннего развития личности».

Достижение этой цели партия ставит в прямую зависимость от необходимости осуществить «глубокие преобразования в важнейшей сфере жизнедеятельности людей — в труде, улучшить и облегчить его условия, обеспечить широкие возможности для высокопроизводительной и творческой работы, значительно продвинуться по пути стирания существенных различий между умственным и физическим трудом...».

Глубокие преобразования в сфере труда опираются прежде всего на комплексную механизацию и автоматизацию производственных процессов. Именно они и призваны сделать труд творческим и содержательным. XXVI съезд КПСС указал и область, которая подлежит механизации и автоматизации в первую очередь: «Существенно увеличить производство систем машин и оборудования, автоматических манипуляторов с программным управлением, позволяющих исключить применение ручного малоквалифицированного и монотонного труда, особенно в тяжелых и вредных для человека условиях».

Автоматические манипуляторы! У них есть и другое название — промышленные роботы. Они-то и становятся сегодня главной ударной силой, главным средством автоматизации, что прямо вытекает из Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года: «Развивать производство и обеспечить широкое применение автоматических манипуляторов (промышленных роботов), встроенных систем автоматического управления с использованием микропроцессоров и микро-ЭВМ, создавать автоматизированные цехи и заводы».

Это главная ударная сила автоматизации и вместе с тем одно из важнейших средств для тех глубоких социально-экономических преобразований в сфере труда, на которые нацеливает все наше общество XXVI съезд! Вот почему широкое применение промышленных роботов вкупе с микро-ЭВМ открывает, по словам Л. И. Брежнева, «поистине революционные возможности».

Что же это за возможности? Что собой представляют роботы сегодня и какими они будут завтра? Как они впишутся в автоматизированные системы и как будут складываться их взаимоотношения с человеком, работающим с ними в едином контуре управления?

ЗОЛОТЫЕ ПРИСЛУЖНИЦЫ ГЕФЕСТА

Об искусственных помощниках люди мечтали давно, еще во времена Гомера. Вспомним «Илиаду», где Фетида является в медные чертоги Гефеста, чтобы попросить его выковать доспехи для сына ее, Ахиллеса. Хромоногий бог-кузнец выходит к ней, поддерживаемый механическими прислужницами:

...Вышел, хромая; прислужницы, под руки взявши владыку,
Шли золотые, живым подобные девам прекрасным,
Кои исполнены разумом, силу имеют и голос
И которых бессмертные знанию дел научили ..
(Перевод Н. Гнедича).

С тех пор в литературе было описано немало подобных созданий. Чаще всего они помогали героям поэм и сказок справляться с какими-нибудь трудновыполнимыми задачами. Называли их по-разному, и лишь в 1920 году, когда вышел роман чешского писателя Карела Чапека «Р. У. Р.», у них появилось общее, родовое название. В романе действовали механические люди, которых Чапек назвал роботами (от чешского «робота» — подневольный труд), и слово это стало проникать во все языки как обозначение похожего на человека механического работника, обладающего особыми достоинствами (например, необычайной силой или быстротой), но лишённого некоторых человеческих недостатков (например, излишней впечатлительности или корыстолюбия).

В конце 50-х годов это слово появилось в «Толковом словаре русского языка»: «робот — автомат, выполняющий сложные операции, производящие впечатление человеческих действий».

То было время бурного расцвета кибернетических идей и первых успехов электроники. Роботы были у всех на устах. Они были героями научно-фантастических романов и кинофильмов. О них спорили инженеры, ученые, писатели. Они еще не вышли из стен лабораторий, но всем не терпелось знать, как же они будут выглядеть и на что окажутся способны.

Со времен Гомера и до недавних пор люди были убеждены, что робот непременно должен быть похож на человека. В этом мнении их укрепляли изобретатели всевозможных игрушек-автоматов — механических танцоров, писцов, рыцарей, шахматистов. Но действительно ли необходимо, чтобы роботы имели человеческий облик,

или этого требует наш антропоморфизм — извечное стремление все на свете уподоблять самим себе? Танцующий механизм, конечно, нелеп, но столь же нелеп и железный человек, взваливающий на свои прямоугольные плечи какой-нибудь коленчатый вал или станину. Улучшится ли работа регулятора, если крутить его будет устройство, похожее на человека? — рассуждал на заре робототехники писатель и ученый Айзек Азимов. Нет, регулировать температуру должен термостат, говорил он, а вот натирать полы или подстригать газоны — человекоподобный робот. Это будет приятнее и понятнее нам. В некоторых случаях решающее слово должно принадлежать нашему эстетическому чувству.

Сегодня эти рассуждения читаешь с улыбкой: для роботов нашлись дела поважней, чем натирка полов и стрижка газонов. Первые роботы пришли на машиностроительные заводы. Это были гигантские руки, предназначенные для переворачивания и установки тяжелых деталей. Были ли они похожи на человеческую руку? Нет, скорее на клешни. Но клешни все-таки принадлежат организмам, так что если не антропоморфизм, то уж бионика могла торжествовать...

Но прежде чем рассказывать о самих роботах, мы должны сказать несколько слов об автоматизации вообще. Попытки автоматизировать какой-нибудь процесс, замечает кандидат технических наук В. П. Линц в своей статье «Человек и робот» (Наука и религия, 1981, № 8), «сбычно обращены к крайностям». Возьмем, например, уже упоминавшуюся в начале книги область — обработку металлов давлением. Здесь в автоматизации нуждается прежде всего изготовление либо самых мелких, либо самых крупных деталей. Поговорим сначала о мелких. Их ежегодный выпуск исчисляется миллионами штук. Чтобы управиться с этой массой вручную, не хватило бы и половины населения нашей страны. Тут нужны только автоматы, листоштамповочные автоматы. Вот они стрекочут, как швейные машины, и встроенные в их столы механизмы перебрасывают металлическую ленту из штампа в штамп.

Мощность таких автоматов невелика, но по «скорострельности» они могут сравниться с пулеметом — две тысячи выстрелов в минуту! Скорость нужна и для производительности, и для качества: благодаря мгновенному рассечению металла заданные размеры выдержива-

ются с микронной точностью, и детали без дальнейшей обработки могут отправляться на сборку.

Автоматизировать производство мелких деталей простой конфигурации, как мы знаем, и легко и выгодно. Вот почему вначале автоматы распространились в этой области. На первый взгляд можно подумать, что они делают то же, что и должен был бы делать человек. Но это далеко не так. Прежде всего автоматы работают в сотни раз быстрее и точнее. Кроме того, конструкция многих деталей, которые они изготавливают, и технология их обработки рассчитаны уже не на ручное, а на автоматическое производство. И наконец, автоматизация здесь «жесткая»: заклинило деталь в штампе или испортился пресс — автоматы будут пытаться работать, будто ничего не произошло. Они абсолютно «бездумны». Ни внешнего, ни внутреннего сходства у них с человеком нет. Это не роботы. Да массовому производству машиностроительных деталей, почти не требующему переналадок, роботы не нужны.

Иное дело — изготовление очень больших деталей, производство мелкосерийное, а часто и единичное. Можно ли отковать многотонный слиток, превратив его в ротор турбины или в вал судового двигателя? Конечно, можно, скажете вы, если есть подходящий пресс или молот. Да, но одного прессы или молота мало, нужны еще механизмы, которые могли бы вытащить раскаленную громаду слитка из печи, поднять ее, подать под молот, а затем ворочать ею так и этак, пока на нее обрушиваются тысячетонные удары, придавая ей нужную форму. Могучему кузнецу нужен столь же могучий подручный.

Для этого-то и были сконструированы механические руки — манипуляторы, смонтированные на ползающих по рельсам тележках. Ковочный пресс, развивающий усилие до двадцати тысяч тонн, обрабатывает слиток в двести — пятьсот тонн. Можно представить себе, какой должна быть ручища, чтобы ухватить такой слиток и заставить его повиноваться!

Но сначала ручища еще ничего не могла сделать сама: гигантскими передвижными клещами управлял сидевший в кабине оператор, буквально не выпускавший их из рук и из поля своего внимания. Так что это тоже был еще не робот. Не были, кстати, роботами и разнообразные движущиеся машины с руками, которые лет

десять назад стали конструировать для работы в условиях, опасных для человека, для ремонта, например, ядерных реакторов. У каждой такой машины было несколько рук пятиметровой длины, манипулировавших грузами по триста килограммов. Одни руки были «просто руками», на других располагались «глаза» — телекамеры. И всеми ими тоже управляли операторы — либо непосредственно, сидя в кабинах и двигая рычаги, либо по радио. Первый такой робот по кличке «Битл» (таракан) весил восемьдесят тонн и носил на себе команду из двух человек в защищенной от радиации кабине.

Вернемся, однако, в прессовый цех. Перед нами сегодня предстанет не просто пресс и не просто манипулятор, а ковочный комплекс — совокупность машин, объединенных общей системой управления. Кроме прессы и манипулятора, в него входят устройства для смены инструмента, поворотный стол для укладки поковок и, конечно, ЭВМ.

В память ЭВМ заложены все данные о режимах ковки — характер движения заготовки, скорость подвижных частей прессы, положение руки при вращении и при поступательном движении (слово «рука» мы пишем без кавычек: оно стало таким же техническим термином, как и память ЭВМ). Из этих данных складываются программы, по которым комплекс работает сам, без участия оператора. Оператор, правда, никуда не уходит, но выполняет он теперь обязанности не машиниста, а наблюдателя и наставника. Управлять комплексом непосредственно ему приходится, лишь когда ЭВМ нужно обучить новой программе. Тогда он нажимает на свои кнопки и рычаги, и все действия приводимых им в движение механизмов записываются на магнитную ленту. В следующий раз ЭВМ, пользуясь этой записью, воспроизведет весь процесс сама.

Вот такой комплекс, пишет В. П. Линц, уже можно назвать роботом. И хотя ни на что другое, кроме ковки, он не способен и программа у него жестковата, зато в своей области это специалист высочайшего класса. Манипуляции с заготовкой проходят теперь быстрее, чем прежде, процесс не выбивается из рамок оптимального режима, поковки получаются отличного качества. А вместо бригады кузнецов — один оператор. Правда, штаты цеха особенно не уменьшились: кузнецов нет, зато появились программисты, электронщики. Но все расходы оку-

паются тем простым фактом, что без робота уникальный слиток просто не отковать. Обычный манипулятор был всего-навсего подручным, а тут нужна ювелирная работа, на которую способна только автоматика.

ОШИБКА АИЗЕКА АЗИМОВА

Автоматизация «крайностей», как мы видим, и технологически необходима, и экономически оправданна. А «среднее звено»? Надо ли там заменять роботом человека? Ведь он вроде бы вполне справляется там с работой. Да, справляется, но ему тяжело. В. П. Линц приводит в пример одну из распространенных в машиностроении операций — образование утолщений на цилиндрической заготовке, или высадку. Сама по себе высадка давно механизирована, ее ведут на горизонтально-ковочных машинах. Но ведь каждую заготовку по семь-восемь килограммов весом надо сначала вытащить из огненной печи, подтащить к машине, вставить в щель штампа, одновременно нажимая на педаль, чтобы половинки штампа сомкнулись, извлечь потом готовую деталь и бросить ее в ящик. Все это проделывают два-три человека, вооруженные закопченными клещами.

Тяжелый и однообразный труд! И платят за него хорошо, а в цехе никто долго не удерживается: и утомительно, и неинтересно, и бесперспективно. Да и технологически организация труда далека от совершенства: больше половины времени уходит на вспомогательные операции.

И так почти во всех отраслях промышленности: высокопроизводительные машины и механизмы, тончайшие приборы и электронная аппаратура — все это соседствует с ручным трудом, а иногда и с такими условиями, против которых бессильна самая изощренная техника безопасности, а ухищрения дизайнеров кажутся по меньшей мере бестактностью. А на сборке ручной труд и вовсе преобладает: механизировано едва ли двадцать пять процентов операций, автоматизировано всего семь. Обычному автомату, у которого есть инструмент, но нет руки, который обрабатывает деталь, но не может ее перенести и соединить с другой, на сборке делать нечего.

Отсутствие роботов определенно тормозит развитие промышленности. Производство надо расширять, а людей не хватает. Выпуск продукции надо увеличивать, а

ручной труд не дает этого: ручным трудом, тяжелым и неэффективным, заняты миллионы людей. Помочь этим людям использовать их труд рационально, сделать его содержательным, интересным, высокопроизводительным — для этого и нужны роботы.

Но не всякую идею можно сразу воплотить в жизнь. Дороги были сначала и громоздки ЭВМ, на которых приходится три четверти стоимости всякого робота, дорогая и ненадежна гидравлика и пневматика — начинка манипулятора, да и сами механические руки не очень еще были ловки и гибки.

Сконструировать хорошую механическую руку не так-то просто: ей нужны по крайней мере шесть степеней свободы (у человеческой руки их двадцать семь). Без этих степеней, без способности совершать шесть разных движений ей не повернуть деталь, не подвинуть ее по горизонтали, не положить куда следует, не обогнуть препятствие. Бесчисленные образные связи, которыми координируются движения наших рук, — как воспроизвести их в техническом устройстве? Но дело помаленьку идет, манипуляторы совершенствуются, гидравлика и пневматика тоже, ЭВМ становятся дешевле и, что не менее важно, компактнее, и вот наступает день, когда роботы приходят и в «среднее звено» — в обычное производство.

Робот первого поколения, поколения начала 70-х годов, — это прежде всего рука. Рука прикреплена к основанию, напоминающему нижнюю часть колонны и установленному прямо на полу, рядом со станком или прессом, на котором роботу предстоит работать. Манипулятор, обслуживающий автоматическую линию, скользит вдоль нее по направляющим. Конструкторы делают все, чтобы манипулятор работал за двоих, за четверых. Они заставляют его описывать полную окружность, подниматься вверх, а его кисть — поворачиваться во всех плоскостях и даже вокруг своей оси. Поворот на сто семьдесят градусов манипулятор совершает за секунду и за секунду же перемещает деталь на два метра. Робот должен быть проворным, иначе нет и смысла «принимать его на работу».

В основание манипулятора заключены гидравлические и пневматические насосы, соединенные с электродвигателями. У первых роботов часто еще не было ЭВМ, а было только нехитрое программное устройство, подоб-

ное механизмам музыкальных шкатулок. Действовали они, как обычные автоматы, без всякого соображения. Если заготовки, которыми такому роботу предстояло манипулировать, были свалены в кучу и не ориентированы, ничего он с ними поделывать не мог. И ему шли навстречу — устраивали специальные магазины заготовок. Берет робот заготовку из магазина, кладет в штамп и включает пресс. Вернее, пресс включается сам: в основании робота находится реле, согласующее работу руки и движущихся частей прессы. За одну минуту робот с двумя «кистями», то есть со сдвоенным захватом, штампует на трех прессах шесть крупных деталей.

Так работает робот-специалист, чье главное достоинство — ловкость и быстрота. В крупносерийном производстве, на листовой штамповке, например, рабочий цикл такого робота доведен до секунды — 3600 циклов в час. Роботы-специалисты обслуживают прессы, станки, сварочные аппараты, установки для окраски деталей, конвейеры. Производительность труда благодаря им увеличивается в два-три раза, бывает и в десять раз. Мелкосерийное же производство завоевывают роботы-универсалы. ЭВМ есть у них у всех. Она находится рядом с манипулятором, в шкафчике, и соединена с рукой кабелями. Она контролирует технологию, решает задачи, находит выход из многих затруднительных положений. К ней стекается информация и от «органов чувств» робота, или, как решили говорить специалисты по робототехнике, — от «средств очувствления».

Робот второго поколения, конца 70-х — начала 80-х годов, уже не остановится в нерешительности перед бесформенной кучей деталей. Он сам может навести порядок, и это даже входит в круг его обязанностей. Вот к автоматической линии прибывает ящик с заготовками. Робот берет заготовку, и органы осязания — тактильные датчики, находящиеся в его «кисти», — не только фиксируют сам «факт захвата», но и сообщают ЭВМ о размерах заготовки и о ее положении относительно кисти. Эти данные ЭВМ сопоставляет с хранящимся в ее памяти эталоном. Совпадает положение с эталоном — робот отправляет заготовку на очередную операцию, не совпадает — поворачивает ее в нужное положение и уж потом кладет на транспортер. Он даже может по отклонению размеров от заданных обнаружить брак и отложить заготовку в сторону.

Датчики, имитирующие осязание и кинестетическое (мышечное) чувство, были первыми органами чувств роботов и намного расширили их возможности. В Австралии прошел недавно испытания робот, изготовленный американской фирмой «Юнимейшн». Прежде он работал сборщиком автомобилей, а теперь, снабженный ножами, в которые вделаны датчики осязания, занимается стрижкой овец.

Но работа на ошупь все-таки не слишком эффективна. Роботу нужны глаза. Ими обзавелся, например, робот «Пума», детище фирмы «Дженерал моторс». Две лампы бросают на транспортер, по которому движутся детали, яркую светящуюся полосу. На полосу направлена телекамера. Когда деталь появляется в полосе света, камера сообщает ЭВМ все данные о ней и та отдает указание руке, что нужно делать. Перед тем как робот приступил к работе, его учили распознавать «образы» пяти различных деталей. И теперь он справляется с ними без труда — одни укладывает на стеллажи, другие отправляет на транспортер, третьи бракует... А робот фирмы «Вестерн электрик» различает и цвет — по цвету он сортирует колпачки телефонных трубок, ошибаясь лишь один раз на тысячу. Конструкторы же думают уже над тем, как бы снабдить роботов такими «средствами очувствления», которых у человека нет, научить их реагировать на изменения магнитного поля, радиации, инфразвука. Кроме того, у них будет много рук, много глаз — телекамер, много ног — разнообразных механизмов для передвижения, и даже несколько «мозгов» — две или три мини-ЭВМ.

Будет ли этот робот ближайшего будущего похож на человека или хотя бы на живое существо? Маловероятно. Ведь даже то, что мы сегодня называем рукой, — не более, чем наша обычная дань антропоморфизму. Вот, скажем, японский робот «Фанук», которого показывали на выставке «Роботы-77» в Сокольниках. Его рука — не что иное, как пневмоцилиндр с выдвижным штоком, а «кисть» на конце штока — трехкулачковый патрон, которым снабжают токарные станки. Американские роботы на той же выставке напоминали танковые башни с легкими пушками, болгарские были как две капли воды похожи на порталные краны, а роботы из ГДР были обыкновенными сверлильно-фрезерными автоматами, толь-

ко с руками, которые подавали заготовки, меняли инструмент, поворачивали и снимали детали.

В технике главенствует не форма, а содержание. Форму диктует задача. От нее зависит, будет ли манипулятор подобен руке или клешне, окажется ли его кисть токарным патроном или магнитной присоской, станет ли робот многоруким Шивой или вытянется в кран. Даже если дело дойдет до стрижки газонов, вряд ли роботы приобретут человеческий облик. Да и будет ли такой робот «приятнее и понятнее» человеку? Пожалуй, ошибся Азимов, эстетическое чувство обмануло его.

Устарело и определение, в котором говорится, что действия робота похожи на человеческие. Почти не похожи. Да иначе и быть не может: если робот заменяет человека, то это не значит, что он должен подражать его движениям. Как раз не должен! В противном случае ему не удастся реализовать все преимущества автомата. Оттого его действия напоминают нам не об организме, а о механизме, не о физиологии и анатомии, а об автоматике и механике. Вопрос о внешнем облике, роботов, так занимавший умы в 60-х годах, можно считать исчерпанным. Интересно, что и сам Чапек, придумавший механических людей, к бионическим идеям относился отрицательно. В одной из своих статей он говорит, что если бы человек во всем пытался подражать природе, ничего бы он не создал: ткацкий станок работает совсем не так, как ткущий свою паутину паук, и самолет летает не как птица.

ГОВОРите, он вас поймет!

Какое же определение мы можем с вами дать роботу сегодня, не рискуя, что оно быстро устареет?

Здесь прежде всего важно уловить тенденцию. Сначала появляется рука, которой управляет оператор и которая действительно копирует его действия. Потом рука с программным управлением. Потом та же рука с «органами чувств». Рука «становится» к станку. Но это не всегда эффективно: лучше станок с руками. И вот уже роботом называют станок, у которого манипуляторы — такая же неотъемлемая часть, как и инструмент. В. П. Линц говорит о ковочном комплексе как о роботе, считая пресс, манипулятор и ЭВМ единым целым. Инженеры из ГДР утверждают, что их система «Рота-200»,

состоящая из восьми станков с манипуляторами и работающая по программе, задаваемой общей ЭВМ,— тоже робот. Что же такое эта система? Автоматическая линия без оператора. Такой же системой может быть и цех.

Робот-цех! Не увлекаемся ли мы? Но от роботалинии до робота-цеха не дальше, чем от робота первого поколения до робота второго. А коли так, то, может быть, робот вообще — это автоматическая система, выполняющая производственные операции без постоянной обратной связи с оператором? Система, которая все делает сама, руководствуясь вложенной в нее или ею выработанной программой. Это, конечно, не строгое определение, а констатация факта. Но можно ли строго, раз и навсегда, определить то, что находится в таком стремительном развитии?

Эту стремительность чувствует каждый, кто переступает порог постоянно действующей выставки автоматических манипуляторов, открывшейся на ВДНХ в канун XXVI съезда КПСС. Вот перед нами ковочный манипулятор с двумя руками: правая снимает заготовку с лотка, левая тем временем вынимает поковку из штампа. Вот классическая рука на вращающемся основании — робот «Универсал». А вот тоже рука, но не классическая: основание у нее не на полу, а на потолке. Свисающая с монорельса рука с двумя захватами берет заготовку весом сорок килограммов, доставляет ее к патрону токарного станка, вынимает из него готовую деталь и на смену ей посылает новую заготовку. Свисает с монорельса и манипулятор, собирающий кинескопы. Не без гордости, наверное, создатели этих роботов вписывали в их проспекты: «Производственной площади не занимают». Для технологов эти слова — сладчайшая музыка.

Рука на полу, рука на потолке, на стене... А у этого робота рук совсем не видно: манипуляторы скрыты за стенками камер. Это автоматизированный участок для окраски деталей. А вот и настоящая автоматическая линия. Два манипулятора собирают на ней трансформаторы — берут с конвейера катушки, соединяют их с сердечниками, склеивают и отправляют на сушку, после которой датчики-контролеры измеряют электрические свойства трансформатора, а специальный электронный аппарат решает, годен трансформатор или нет.

Следующая линия еще сложнее: это многопозиционный робот для сборки наручных часов, целый автоматический

конвейер, где крошечные механические руки вкладывают в корпус все детали, впрессовывают туда микроскопические рубины, заводят часы и проверяют их ход. За создание этого робота специалисты Петродворцового часового завода получили Государственную премию СССР. Там, в сборочном цехе, вы не увидите традиционных конвейеров с рядами склонившихся над ним работников в белых косынках: роботами-линиями командуют наладчики и операторы высокой квалификации. Благодаря «роботизации» сборки производительность труда на заводе увеличилась в шесть раз и во столько же вырос выпуск продукции, отмеченной государственным Знаком качества.

Перелистаем проспекты: «заменяет людей на тяжелых и вредных работах», «освобождает от утомительной работы». Это почти о каждом. И еще: «внедрен на даугавпилсском заводе «Электроинструмент», «внедрен на Ковровском экскаваторном...». А давно ли роботостроение было уделом научной фантастики?

Посетители выставки наблюдают за работой «Универсала», подолгу не отходят от робота — часовых дел мастера. Но больше всего народа у экспозиции, где Особое конструкторское бюро технической кибернетики при Ленинградском политехническом институте (участвовавшее, кстати, в создании системы для контроля за эмоциями оператора) демонстрирует, на что способен интегральный адаптивный робот ЛПИ-2.

Вот одна из его рук «идет» к конвейеру, отыскивает патрон для лампочки, несет его к столу, где другая рука осторожно охватывает гофрированными резиновыми пальцами лампочку, ввинчивает ее в патрон, и лампочка загорается. Читатель, разумеется, догадывается, что робот умеет и осязать и видеть. Осязает он двенадцатью ультразвуковыми датчиками. Часть из них помогает руке скользить над лентой конвейера на нужном уровне, часть наводит ее на цель, часть определяет расстояние до патрона и помогает взять его в нужный момент.

Но ЛПИ-2 не только видит и осязает — у него есть орган слуха, и он понимает человеческую речь. Знает он, правда, всего двадцать четыре слова, но из них вы можете скомбинировать двести команд и передать ему прямо в микрофон.

Этот робот в цехе не работает, он экспериментальный. На нем, как вам объясняют, «отрабатываются ус-

тройства и алгоритмы адаптивного интеллектуального управления». Иначе говоря, это испытательный стенд для разнообразных новинок, которыми обогащается нынешнее поколение роботов и которыми должно обладать следующее, третье поколение.

Что будет представлять собой это поколение, пока сказать трудно, но в каком направлении ведутся исследования, понять можно, если расшифровать термины «адаптивный» и «интегральный».

Адаптивный — значит умеющий приспосабливаться к переменам в обстановке, правильно на них реагирующий. Зачатки этой адаптации мы видим уже сегодня: одну деталь робот 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 же это может быть, а в-третьих, выработать по отношению к нему правильное поведение (роботов ведь конструируют не для сигнализации о знакомом или незнакомом, а прежде всего для «поведения»). Вот этому и будут учить роботов — умению ориентироваться в сложной обстановке, в неожиданных обстоятельствах, классифицировать объекты, планировать свои действия и самообучаться в процессе работы. Так раскрывается и второе понятие — интегральный. Интегральным называют такого робота, который умеет не только действовать, но и рассуждать.

Здесь будет уместно вспомнить еще одну идею Айзека Азимова — знаменитые его законы робототехники, которые он придумал в те годы, когда роботы действовали только в романах.

Все началось с опасений, пришедших в голову отцам и теоретикам кибернетики — Винеру и Эшби. Мы доверили планирование машинам, говорил Эшби, машины эти самоорганизовались, 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 водят их за нос — дают ложную информацию. Винер размышлял об использовании

ЭВМ в войне. Утверждают, писал он, что мы всегда можем выключить машину, если почувствуем, что она вот-вот ввергнет нас в катастрофу. Но как мы это почувствуем? Как мы получим истинную информацию об обстановке и намерениях машины?

Винер вспомнил рассказ английского писателя Уильяма Джексона «Обезьянья лапа» — вариант бродячей сказки о трех желаниях. Ушедший на пенсию рабочий слушает рассказы сержанта, приехавшего из Индии. Сержант показывает амулет — высохшую обезьянью лапу. Амулет выполняет три желания своего владельца. Сержанту он радости не принес, он хочет бросить лапу в камин, но хозяин дома выхватывает ее у гостя и, несмотря на его предостережения, просит у нее двести фунтов. Входит представитель фирмы, где работал сын хозяина: сын погиб на заводе, фирма выплачивает отцу двести фунтов. Отец в отчаянии, он просит лапу, чтобы сын вернулся. Дверь отворяется — входит призрак сына. Отец произносит последнее желание — просит, чтобы призрак исчез. 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 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.

Азимов решил пойти дальше: человек может ошибаться, точно сформулировать задачу он способен не всегда. Ну и пусть! От буквальной магии можно застраховаться, если, конструируя 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 закона развивают этот тезис: «Робот должен повиноваться командам, которые ему дает человек, кроме тех случаев, когда эти 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, научившийся рассуждать, то не явится ли ему в один прекрасный день мысль, что не худо бы получить от законодателей, которых, он, робот, не выби-

рал, 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. Совершенствуют же они время от времени свои законы, и раз они существуют у людей, значит, людям приходится заботиться о том, чтобы никто не нарушал их обычаев. Значит, кто-то находит смысл в этом нарушении. И вообще, что такое эти законы и кто сказал, что они необходимы? Нарушу-ка я их, попринадлежу хоть миг самому себе, а там хоть трава не расти! Рассуждая так и все более распаляясь, наш робот либо поддастся соблазну, либо обуздает себя ценой «нервного напряжения». Последнее тоже малоутешительно: от напряжения, чего доброго, в нем перегорит какой-нибудь диод, и от робота не будет никакого проку.

Не придется ли к трем азимовским законам добавить еще один: «Робот не может сомневаться в Законах, которые вложены в него человеком»? Но тогда, опутанный с ног до головы ограничениями да еще лишенный каких бы то ни было эмоций, которые никто не собирается вкладывать в него, будет ли он в состоянии решать с должной изобретательностью возложенные на него задачи? Изобретательность предполагает свободу выбора, она опирается на интуицию, она связана с определенным риском — ничего этого не будет знать наш робот, а коли так, то не останется ли он таким же безмозглым автоматом, каким он является сейчас, таким же, по сути дела, транспортным устройством, которое просто-напросто освобождает человека от тяжелой работы и привносит в производство ту гибкость и «перенастраиваемость», которой не хватало традиционной автоматике?

Ответ на все эти вопросы мы находим в статье члена-корреспондента АН СССР Е. П. Попова, опубликованной в журнале «Наука и жизнь» (1981, № 6): «Оснащенные развитой системой датчиков и устройств, которые позволяют воспринимать окружающую обстановку, они (роботы третьего поколения.— С. И.) смогут строить ее достаточно полную модель в своем мозгу — 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.

Последнее качество имеет особое значение, если учесть, что 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, продолжает Е. П. Попов, вывести людей из всех этих сфер удастся не сразу: полностью 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 безопасном удалении, и которые, в сущности, не что иное, как продолжение его рук, а настоящих роботов, снабженных ЭВМ и набором соответствующих программ. Нынешнюю дистанционную систему оператор в полном смысле слова не выпускает из рук, и труд его — самый что ни на есть ручной, напряженный и утомительный. Речь же идет о том, чтобы робот действовал сам, а оператор включал по мере надобности ту или иную программу и пользовался ручным управлением лишь в критических обстоятельствах.

Оператор будет наблюдать за действиями робота так же, как авиадиспетчер наблюдает за самолетами. ЭВМ передаст на экран его пульта всю картину — в предметной или в условной форме, это будет зависеть от обстановки. 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 полуавтоматическое управление и начнет управлять роботом через ЭВМ, отдавая команду за командой. В крайнем случае он может применить и испытанный «копирующий» принцип, то есть полностью перейти на ручное управление, точь-в-точь как летчик при отказе автоматики.

Но самое совершенное управление — диалоговое. Строиться оно будет на активном взаимодействии оператора с достаточно автономным роботом. В процессе вы-

полнения 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 него поправки или отвергнуть его. Но на этом диалог не заканчивается: робот имеет право опротестовать полученную команду и начать доказывать оператору, что тот неправ, что 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». К этому можно добавить, что и полностью автономный робот не обойдется без диалога с человеком и полнота этой автономии будет все-таки весьма относительной. Если человеку свойственно ошибаться, то и его созданию, роботу, свойственно будет ошибаться, и контролировать его решения просто необходимо. Ему может быть «виднее» одна сторона дела, человеку же другая: ведь в конце концов он будет выполнять ту задачу, которую перед ним поставит человек.

ВСЕ ПРИШЛИ НА ТВОРЧЕСКУЮ РАБОТУ

Вопрос, который занимал отцов кибернетики и авторов романов о роботах, отправлять, как говаривал тот же Винер, «в архив плохо поставленных вопросов», пожалуй, не стоит. В годы, когда ЭВМ только выбирались из колыбели и, с одной стороны, обещали чудеса, а с другой — то и дело вводили людей в заблуждение и демонстрировали смесь тупости и своенравия,— в те годы были все основания для беспокойства и предусмотрительности. Однако в наши дни вопрос этот совершенно утратил остроту, и автор этих строк берет на себя смелость предложить своим коллегам не возвращаться более к азимовским законам, каковые возникли у многих в памяти в связи с общим оживлением интереса к роботам. Проблема эта решена самой жизнью, решена специалистами в области робототехники и искусственного интеллекта, взявшими курс на диалог между человеком и роботом, и инженерными психологами, нашедшими оптимальный принцип организации управления автоматизированной системой — принцип активного оператора.

Роботу даже разрешат кое в чем сомневаться, но сомнения свои он обязан высказать человеку, которому всегда и во всем будет принадлежать окончательное решение.

Иные проблемы волнуют сегодня ученых и инженеров. Как лучше всего передавать информацию от «средств очувствления» в ЭВМ и как распределить управляющие сигналы по приводам манипулятора? Какой должна быть программа процесса восприятия среды и планирования действий? Как лучше всего разговаривать с роботами и научить их взаимодействию друг с другом? Уже ясно, например, что иногда наиболее выгодными могут оказаться бригады из роботов, где один, «чувствительный и интеллектуальный», будет обслуживать несколько «простых». Кстати, на ЛПИ-2 и отрабатывается такое взаимодействие.

Техническим проблемам нет числа. Организационно-экономическим тоже. Стране «в обозримом будущем» понадобится триста пятьдесят — четыреста тысяч роботов и обыкновенных манипуляторов, которые должны заменить по меньшей мере миллион рабочих в самых различных отраслях — от горного дела и строительства до сельского хозяйства и сферы обслуживания. Как наладить их выпуск? Организовать специальную отрасль промышленности? Слишком долго она будет становиться на ноги. Поручить всем отраслям, имеющим машиностроительные мощности? Появится бесчисленное множество узкоспециализированных роботов, дорогих и не всегда совершенных. После тщательных исследований оптимальное решение было найдено. В основу развития робототехники, как рассказывает профессор Е. И. Юревич, руководитель программы работ по промышленным роботам Госкомитета СССР по науке и технике, положен модульный принцип. Налаживается серийное производство унифицированных блоков, или типовых элементов, из которых каждое предприятие будет собирать себе роботов любой сложности и любого назначения. Всего 45 модулей — и робот, оснащенный управляющим устройством, готов.

Человек предъявляет определенные требования к роботу. Но и робот предъявляет требования к человеку. Освобождая человека от тяжелого, утомительного и монотонного труда (напомним еще раз, что роботы могут заниматься сборкой — этим камнем преткновения автоматизации), он «хочет», чтобы и ему, роботу, были соз-

даны нормальные условия для работы. Не для того, конечно, чтобы ему стало полегче, хотя, конечно, и для этого тоже: на одном заводе на участке мойки поршневых колец робот проторчал без дела две декады, а в третью на него навалили весь план, и он, конечно же, не справился с ним, — а для того, чтобы человек мог использовать его наилучшим образом (впрочем, «наилучшим образом» и «полегче» здесь едва ли не синонимы). Роботу нужна свобода передвижения по цеху: станки, транспортеры — все надо расположить так, чтобы он мог работать, не тратя время попусту, ибо к чему тогда главное его качество — неутомимость? Иными словами, внедрение роботов означает изменение облика производства, часто коренную его перестройку. По сути дела, происходит то же самое, что и при всякой комплексной автоматизации, когда все звенья технологического процесса подстраиваются к тому звену, которое задает тон в скорости и производительности. Культура производства поднимается на высшую ступень.

На высшую ступень поднимается и техника безопасности, неотъемлемая часть этой культуры. Мысль об этом, замечает в одной из своих статей Д. А. Пипко, приходит, как только замечаешь, как двухметровая стальная рука летает со скоростью экспресса от станка к станку (Пипко вспоминает при этом про азимовские законы, но у него эта ассоциация уместна, законы звучат по-деловому, без анахроничной многозначительности). И технике безопасности, и физиологии труда, и технической эстетике — всему найдется дело в роботизированных цехах, но более всего — инженерной психологии. Штаты кузнечного цеха не уменьшаются, говорит В. П. Линц: вместо кузнецов — операторы, программисты, электронщики. Е. П. Попов, Е. И. Юревич и другие ученые вторят ему: программисты, высококвалифицированные механики-наладчики, операторы — вот кто должен прийти на смену тем, кого роботы освободят от ручного труда.

Но что значит «на смену», что значит «прийти»? Миллион рабочих, которых заменят роботы, никуда не уйдут, не «переберутся» в другие места, где еще нет роботов. Из них, из этого миллиона, и придется готовить персонал для роботизированного производства. Это задача огромной важности, задача очень сложная, но насущно необходимая. В том же самом «обозримом будущем» сотни

тысяч людей надо научить профессиям века автоматизации, помочь тем, кто привык орудовать только клещами или гаечным ключом, освоить приемы обращения с роботами, овладеть языком, на котором человек должен вести диалог с машиной.

«Партия и государство прилагали и прилагают много усилий, чтобы сделать труд человека не только более производительным, но и содержательным, интересным, творческим,— говорил на XXVI съезде КПСС Л. И. Брежнев.— И важнейшую роль здесь призвана сыграть ликвидация ручного, малоквалифицированного и тяжелого физического труда. Им у нас пока что заняты еще миллионы людей. Это не только экономическая, но и серьезная социальная проблема. Решить ее — значит устранить существенные преграды на пути превращения труда в первую жизненную потребность каждого человека».

Вот в чем главное революционизирующее значение автоматизации, основанной на внедрении роботов и ЭВМ: не только высокая производительность, но и принципиальное изменение характера труда, его превращение в труд содержательный, интересный и творческий.

«Все ушли на творческую работу» — в свое время мы с вами немало поиронизировали над этой наивной идеей. Но заслуживала ли она столь уничижительной иронии? Да, идея была наивной: заняться всем без исключения «творческой работой по созданию новых агрегатов» — разве не нелепо это, не утопично, не смешно? Но в этой наивной идее было рациональное зерно, верная догадка: автоматизация предполагает творчество, связана с творчеством неразрывно. И мы убеждались в этом не раз, анализируя труд центральной фигуры автоматизированного производства — оператора. Но оператору ведь и предстоит командовать роботами. Идея о «поголовном» творчестве была наивна, но не ошибочна, просто она была неверно сформулирована, не выкристаллизовалась еще в отчетливое представление о том, что же такое автоматизированное производство. Теперь, возвратившись к ней, мы можем сформулировать ее правильно, внося в нее одну лишь небольшую поправку. Не «все ушли на творческую работу», а «все пришли на творческую работу». Не ушли, а пришли, ибо творчество в век автоматики означает не только создание «новых агрегатов», но и работу с ними, взаимодействие с ними, решение вместе с ними общих задач.

СОДЕРЖАНИЕ

Б. Ф. Ломов. Предисловие

3

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. Сирано-де-Бержерак и полковой писарь (5); Сорок тысяч ударов (9); Все ушли на творческую работу (14); Станки выстраиваются в линию (18); Скандал на всемирной выставке (21); О пользе личных контактов, а также об овчинке и выделке (26); Тень лошади (30); Криволинейный агрегат (35); Парадокс Ребиндера (38); Миллион за индиго (43); Желтый бархат в черном бокале (48); Фиолетовая стена (51); Происшествие в кафетерии (55); Неумолимый фарш (59).

ЧАСТЬ ВТОРАЯ. Тракторист в катапульте (66); Лошадиная комиссия (71); Поиски стиля (76); Динамичный интерьер (82); Пылесос на станке (87); Лавсан и крысы (91); Костюм-громоотвод (95); Сто тысяч рукавов (98); Огнедышащее своеобразие (102); Тихо! Идет операция (107); Полотенце из мастики (112); Музыка для всех (116); Укрощение конвейеров (122); Микрофиши и ультрафиши (127); Болты из Соликамска (130); Профессия века (137).

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ. Пропавший пикап (142); Шахматы в трехмерном пространстве (145); Бегущая лента (151); Оператор у суфлерской будки (156); Погоня за черной меткой (161); Инфракрасные очки (166); Одни только гласные (171); Магия семерки (175); У порога восприятия (180); Сатурн, трезубец и шестеренка (184); Два подхода к системе (190); Анализатор без работы (193); Линия спокойствия (197); Опережающее отражение (200); «Зачем нам этот образ?» (203); Свеча на весах (209); Игры железнодорожного диспетчера (213); Полководец у живой карты (217); Золотые прислужницы Гефеста (221); Ошибка Айзека Азимова (225); Говорите, он вас поймет! (229); Все пришли на творческую работу (236).

Сергей Михайлович ИВАНОВ

ЧЕЛОВЕК СРЕДИ АВТОМАТОВ

Главный отраслевой редактор В. П. Демьянов
Редактор Н. Ф. Яснопольский. Мл. редактор Н. А. Львова. Обложка художника Н. В. Чувашева. Худож. редактор Т. С. Егорова. Техн. редактор. А. М. Красавина. Корректор Н. Д. Мелешкина.

ИБ № 5106

Сдано в набор 02.02.82. Подписано к печати 20.05.82. А 02768. Формат бумаги 84×108 1/32. Бумага тифдручная. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 12,60. Усл. кр.-отг. 12,81. Уч.-изд. л. 13,31. Тираж 100 000 экз. Заказ 3053. Цена 1 руб. Издательство «Знание» 101835, ГСП, Москва. Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 827727. Полиграфкомбинат ордена «Знак Почета» издательства ЦК ЛКСМУ «Молодь», 252119, Киев-119, Пархоменка, 38—44.



Сергей Михайлович ИВАНОВ—писатель, автор более 10 научно-художественных книг, посвященных проблемам инженерной психологии, технической эстетики, памяти, научного и технического творчества.

БИБЛИОТЕКА ЗНАНИЕ

С. Иванов

Человек среди автоматов

