

БЕСЕДЫ
ПО
АКТУАЛЬНЫМ
ВОПРОСАМ
НАУКИ

ИНЖЕ- НЕРНАЯ психология

ТЕХНИКА
НОВОЕ В
ЖИЗНИ
1967
11
науке
технике
IV С Е Р И Я

ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ

Из цикла
«Беседы по актуальным
вопросам науки»

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1967

В очередной беседе по актуальным проблемам науки, посвященной вопросам инженерной психологии, приняли участие академик В. В. Парин, действительный член АПН СССР А. Н. Леонтьев, член-корреспондент АПН СССР Б. Ф. Ломов, доктор педагогических наук В. П. Зинченко, доктор педагогических наук В. Н. Пушкин, кандидат медицинских наук Г. М. Зараковский, заместитель председателя секции бионики и инженерной психологии НТОРиЭ им. А. С. Попова А. И. Прохоров. Ниже мы помещаем текст всех выступлений участников беседы за исключением выступления В. Ф. Ломова («Система «человек — машина») и А. И. Прохорова («Контроль состояния человека-оператора»), так как вопросы, затронутые в их докладах, нашли достаточно полное отражение в недавно вышедшей брошюре Б. Ф. Ломова «Человек в системах управления» (М., «Знание», серия «Техника», 1967).

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр</i>
Выступает академик В. В. Парин	3
А. Н. Леонтьев. Что такое инженерная психология	5
В. П. Зинченко. Некоторые способы повышения оперативности процессов приема и переработки информации человеком-оператором	9
В. Н. Пушкин. Эвристические процессы в инженерной психологии и кибернетике	18
Г. М. Зараковский. Проблема индивидуальных различий операторов. Сбор и обработка данных массовых психологических исследований	27
Выступает А. Н. Леонтьев	32

Инженерная психология. Беседы по актуальным проблемам науки

Составитель А. Г. Чернов

Редактор А. А. Красновский
Худож. редактор Е. Е. Соколов
Техн. редактор Е. М. Лопухова
Корректор Г. В. Жендарева
Обложка К. А. Павлинова

А 12493. Сдано в набор 4/VIII 1967 г. Подписано к печати 31/VIII 1967 г. Формат бумаги 60×90/16. Бумага типографская № 3. Бум. л. 1,0. Печ. л. 2,0. Уч.-изд. л. 1,99. Тираж 64 000 экз. Издательство «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4. Заказ 2694. Типография изд-ва «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.
Цена 6 коп.

Выступает академик

В. В. Парин

Психология как наука прошла длинный и сложный путь развития. По существу она имеет тот же возраст, что и наука вообще, так как уже на самой заре зарождения науки человек не мог не задумываться над свойствами своей личности, своими ощущениями, переживаниями.

Античный философ Платон в диалогах «Менон» и «Государство» запечатлел свои представления о психике как о бессмертной душе человека. Обстоятельно излагает свое учение о душе и Аристотель в трактате, так и названном «О душе». Считая тело орудием души, Аристотель вместе с тем подчеркивал их единство.

В античной философии появляются и первые материалистические толкования души. Так, Демокрит из Абдеры (V—IV в. до н. э.), ученик Левкиппа, утверждал, что душа — это та же материя. Однако в духе примитивного атомизма он считал, что атомы, составляющие душу, имеют свои отличительные особенности (шарообразная форма, большая подвижность).

До XVII в. психология развивалась в органической связи с философией и логикой, причем экспериментальное направление в ней фактически отсутствовало. Как исключение из общего правила можно напомнить, что Аристотель, доказывая необходимость промежуточной среды, «медиума» для зрительного восприятия внешних вещей, фактически прибегает к эксперименту. Он предлагал предмет восприятия положить непосредственно к глазу; предмет переставал быть видимым. Таким образом, аргумент Аристотеля в пользу необходимости «медиума» носит экспериментальный характер.

Систематическая экспериментальная психология ведет свое начало после известного эпизода в Гринвичской обсерватории Маскелина (1796 г.), когда время прохождения звезд через меридиан определялось сотрудиниками обсерватории с систематической ошибкой в 0,5—0,8 сек. Это послу-

жило поводом для экспериментального исследования времени реакций.

Развитие экспериментальной психологии на Западе связано, прежде всего, с именами Вебера, Гельмгольца, Вундта. Их исследования были прогрессивными для своего времени. В поисках научной истины они стихийно вставляли на путь материализма. Вместе с этим для них характерны метафизическая интерпретация полученных фактов и заблуждения философского характера.

Неоценимый вклад в развитие психологии внесли великие русские физиологи-материалисты И. М. Сеченов и И. П. Павлов. «Рефлексами головного мозга» (1862 г.) И. М. Сеченов заложил фундамент подлинно научного изучения и понимания психики человека. Борьбе с идеализмом и умозрительным методом в психологии посвящена работа И. М. Сеченова «Кому и как разрабатывать психологию». Идеи Сеченова были подхвачены и детально разработаны И. П. Павловым, который считал «Рефлексы головного мозга» отправным пунктом своих теоретических построений. Его учение о высшей нервной деятельности позволило экспериментально, строго объективно изучать работу больших полушарий головного мозга. Исключительной глубиной и смелостью отличается анализ И. П. Павлова психопатологических явлений человека.

...Было время, когда на основании успехов учения о высшей нервной деятельности, горячие головы утверждали, что время психологии как науки прошло. Разумеется, это было ошибкой. Сейчас и физиология высшей нервной деятельности, и нейрофизиология, и психология сосуществуют и разрабатываются с точки зрения различных подходов.

В последние годы жизненность и плодотворность психологии подтверждалась неоднократно. XVIII Конгресс психологов, проходивший в Москве летом нынешнего года, собрал около 5 тыс. участников. Работало несколько специальных симпозиумов, в том числе впервые в истории симпозиум по космической психологии, симпозиумы по психологии труда, инженерной психологии и т. д.

Инженерная психология, сформировавшаяся как отрасль науки в 40-х годах текущего столетия, занимает сейчас одно из ведущих мест среди направлений прикладной психологии. Следует подчеркнуть, что возникновение и бурное развитие инженерной психологии связано с общим прогрессом научной мысли и, прежде всего, небывалыми темпами технического развития. В частности, в период второй мировой войны в армейские контингенты поступала очень сложная военная техника и поступала массовым потоком. Однако в ряде случаев получаемая военная аппаратура, боевое оснащение, по свидетельству западной печати, не могли эффективно использо-

ваться, так как требования, предъявляемые техникой к человеку, зачастую превосходили психофизиологические возможности солдат. Причем, ни специальный отбор будущих операторов, ни усиленная их тренировка не спасали положения.

Именно в этот период было отчетливо понято, что нельзя успешно решать технические проблемы изолированно от роли человека-оператора в данной системе. Стало ясно, что разрабатываться и создаваться должна не узко техническая система, но система «человек-машина», где в зависимости от задач и характера системы следует гармонически увязывать сильные стороны автоматики с теми качествами человека, которые и поныне не могут быть эффективно заменены машинами.

В настоящее время инженерно-психологические проблемы успешно разрабатываются, как за рубежом (А. Чапанис, У. Хитт и др.), так и в нашей стране (А. Н. Леонтьев, Д. Ю. Панов, Б. Ф. Ломов, В. П. Зинченко и другие). Необходимо отдать должное также Н. В. Зимкину, Н. А. Эппле, Н. М. Добротворскому и С. М. Роденбергу, выполнившими в 30-х годах исследования, которые по своей сути были не только ценным вкладом в отечественное самолетостроение, но заложили предпосылки развития советской инженерной психологии.

ЧТО ТАКОЕ ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ

Действительный член АПН
А. Н. Леонтьев

Академик В. В. Парин, который открыл сегодняшнюю беседу, во многом облегчил мою задачу. Она состоит в том, чтобы ответить на первый вопрос: что такое инженерная психология? В. В. Парин уже отмечал, что развитие этого направления в науке было вызвано к жизни развитием техники, техническим прогрессом, особенно ускорившимся за последние 10—15 лет. Это совершенно правильно.

Вместе с тем я хотел бы отметить, что инженерная психология имеет свою историю, далеко уходящую за период, о котором идет речь. Еще в начале нашего века возникла задача научной организации труда. Этой задаче и отвечала известная всем система Тейлора, которая представляла собой попытку рационализировать трудовые процессы человека, его трудовые функции. В свое время В. И. Ленин высоко оценил развитие этого направления — научной организации труда. Он писал, что необходимо освободить тейлоризм от

всего, что в нем есть характерного для капиталистической эксплуатации, а все ценное обязательно применить у нас, в нашем советском обществе.

В те годы имелась в виду прежде всего организация труда с относительно простыми инструментами и машинами. Характерным и для этого труда был сложный двигательный процесс, требующий расходования значительных физических сил, высокой координации движений, согласованности, ловкости.

«Учиться работать, — писал в 1918 г. В. И. Ленин, — эту задачу Советская власть должна поставить перед народом во всем ее объеме. Последнее слово капитализма в этом отношении, система Тейлора, — как и все прогрессы капитализма, — соединяет в себе утонченное зверство буржуазной эксплуатации и ряд богатейших научных завоеваний в деле анализа механических движений при труде, изгнания лишних и неловких движений, выработки правильнейших приемов работы, введения наилучших систем учета и контроля и т. д.».

В дальнейшем, предлагая объявить конкурс на учебник по научной организации труда, В. И. Ленин указывал, что за основу такого учебника можно взять книгу Керженцева. По какой же программе была составлена эта книга? Она включала в себя три части: 1) изучение человека с точки зрения максимальной эффективности его работы, т. е. изучение, как писал автор, субъективного момента труда; 2) изучение и приспособление материальной обстановки труда, орудий и проч. и 3) изучение рациональных методов организации труда, т. е. взаимоотношений между субъективными и объективными моментами работы.

По этой программе и стала разворачиваться у нас в 20-х годах научно-исследовательская и научно-практическая работа. Были созданы специальные организации — институты рационализации труда и многочисленные лаборатории в различных ведомствах и на отдельных промышленных предприятиях, на транспорте и в армии.

Так сформировалась та область знания, которую стали называть и у нас и за границей психотехникой. Нужно сказать, что хотя прежняя психотехника имела свои слабые стороны и недостатки, многие вопросы она решала очень успешно, так что некоторые проведенные в то время исследования до сих пор не утратили своего значения.

К сожалению, в середине 30-х годов психотехническая работа в Советском Союзе стала свертываться, так что остались лишь немногие научные учреждения, занимавшиеся преимущественно вопросами физиологии и гигиены труда. Вообще интерес к конкретным вопросам научной организации труда человека был утрачен. Только сравнительно недавно

эти вопросы стали у нас вновь широко разрабатываться, в частности и в психологическом плане, но, разумеется, уже на совершенно другой основе.

За истекшие годы в самом промышленном производстве произошли капитальные изменения, вызванные бурным научно-техническим прогрессом, широким развитием механизации и автоматизации. Последнее не только не уменьшило значение научного психологического изучения трудовых процессов человека, изучения так называемого «человеческого», психологического фактора, но резко повысило его.

В то время, когда преобладало производство с применением относительно простых машин и инструментов, когда на первый план выступали внешнедвигательные трудовые функции человека, их психологическое содержание оставалось как бы скрытым, прямо не выявлялось. Вместе с тем вопросы приспособления орудий и машин к возможностям человека могли решаться на основе элементарных научных данных — антропометрических, биомеханических и психофизиологических, а иногда и эмпирическим путем, путем опытной «подгонки» размеров, формы и размещения рычагов управления машиной и т. д.

Другое дело, когда речь идет о современном производстве, оснащенном сложными техническими устройствами, системами автоматизированного управления. Трудовые функции человека в этих условиях рационально меняются, переходят на другой психологический уровень. Что делает, например, оператор автоматической системы? Он воспринимает, удерживает в памяти и перерабатывает часто очень большую по объему информацию, которую несут поступающие к нему сигналы, оценивает текущие события и события системы, принимает решения и посредством тех или иных органов управления дает команды. Главное содержание его трудовой деятельности составляют умственные, психические процессы — активное восприятие, память, мышление. Что же касается двигательных операций, то они выступают в крайне свернутой, редуцированной форме и, как правило, не требуют особой ловкости, точной координации и сколько-нибудь значительных физических усилий.

Такое изменение трудовых функций приводит к изменению и того уровня, на котором исследуются и решаются вопросы согласования деятельности человека и технических устройств. Они могут быть решены только на уровне высококвалифицированного инженерно-психологического исследования. В этих условиях, опираясь только на практический опыт и здравый смысл, уже ни на один существенный вопрос ответить невозможно. Ведь то, в чем состоят и как протекают, какими законами управляются внутренние психические процессы оператора непосредственно, простым наблюдением об-

наружить нельзя. Для этого требуются специальные, часто очень сложные исследования. С другой стороны, всякая ошибка, всякий просчет обходятся очень дорого. Представим себе, что уже построенная система создает перегрузку оператора информацией, что количество информации, поступающей в единицу времени от пультов сигнализации, превышает «пропускную способность» оператора в условиях пульта данной конструкции, в условиях данных задач и т. д. В таком случае вероятность ошибок оператора, естественно, резко возрастает. А это значит, что система в целом начинает работать ненадежно. Ведь человек составляет звено системы в целом, точнее — ее подсистему, второй подсистемой которой является «машина», техническая система. Поэтому как бы надежно не работала последняя, в целом система будет работать ненадежно, окажется непригодной для эксплуатации. Конечно, случай с перегрузкой оператора информации — это только иллюстрация для пояснения общего положения о необходимости и крайней важности учитывать особенности психической деятельности человека и его психологические свойства как на всех этапах проектирования и конструирования автоматизированных систем управления, так и при организации самого труда оператора, в частности в процессе специальной подготовки кадров.

Что же представляет собой современная инженерная психология? Ее обычно описывают, как особое научное направление, изучающее проблему «человек — машина» или проблему «человек как звено автоматизированных систем управления». В настоящее время это направление сложилось в высоко развитую научную дисциплину, выработавшую свои подходы и методы и накопившую большой научный опыт, отраженный в обширной специальной научной литературе.

Инженерная психология — дисциплина пограничная, «стыковая», в том смысле, что она тесно связана, с одной стороны, с физиологией и, прежде всего, с физиологией высшей нервной деятельности, а с другой — с техническими науками, с кибернетикой и математикой. Это бесспорно, но это вовсе не значит, что инженерная психология представляет собой как бы «ничейную» дисциплину. Таких дисциплин, мне кажется, вообще не бывает. Инженерная психология есть специальная область психологических знаний, особая ветвь психологической науки, связывающая психологию с техникой. Ведь свои теоретические основания инженерная психология находит, прежде всего, в общих законах психической деятельности человека, с другой стороны, инженерно-психологические исследования существенно обогащают теоретическую психологию. Я говорю об этом потому, что сейчас, когда инженерная психология у нас быстро развивается, очень важно понять, что ее развитие не может успешно ид-

ти, так сказать, только «на отрубях», в отрыве от общей психологии, от научных психологических центров широкого профиля.

Еще один вопрос, на котором я хочу остановиться, это — вопрос о соотношении собственно инженерной психологии и психологии труда. Успехи в развитии инженерной психологии не должны закрывать от нас того факта, что инженерно-психологическая проблема далеко не покрывает всех вопросов психологии труда. Остаются такие важные вопросы, как, например, психологические вопросы формирования рабочих коллективов и так называемых внутригрупповых отношений, вопрос о психологических причинах текучести рабочих кадров и ряда других социально-психологических и психолого-педагогических вопросов. Инженерная психология занимает сейчас в психологии центральное по своему значению место, но в общей системе научной организации труда ее достижения должны входить в единый комплекс с решением более широких вопросов психологии труда. Иными словами, я мог бы выразить свою мысль так: допуская совершенно законную абстракцию от некоторых психологических и социально-психологических характеристик человека, инженерная психология вместе с тем не должна упускать из виду тот факт, что она имеет дело с человеком — общественным существом, субъектом труда и социальных отношений, субъектом жизни во всей ее полноте.

НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ОПЕРАТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПРИЕМА И ПЕРЕРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ЧЕЛОВЕКОМ-ОПЕРАТОРОМ

Доктор педагогических наук
В. П. Зинченко

Значение проблемы этой оперативности трудно переоценить. Не случайно в последние годы в контексте инженерной психологии возникли такие понятия, как оперативное поле зрения, оперативные единицы восприятия, оперативная память, оперативное мышление и т. д. Все эти понятия как бы усиливают и подчеркивают основные требования, предъявляемые человеку — своевременность выполнения возложенных на него задач и точность их выполнения.

Проблема оперативности возникает из-за быстротечности процессов, подлежащих управлению, из-за сложности этих процессов. Человеку, работающему в системе управления,

необходимо в заданные промежутки времени перерабатывать очень большие объемы информации. И если не осуществлять реалистического распределения функций между человеком и машиной, нередко может сложиться такое положение, при котором целое (т. е. система «человек — машина») окажется меньше суммы своих частей. В современной системотехнике, например, большие и серьезные разделы посвящены характеристике критериев, которыми нужно руководствоваться при выборе электронной вычислительной машины для системы управления. Число таких критериев достигает многих десятков. К сожалению, число критериев, которыми руководствуются при включении человека в систему, во много раз меньше.

Наибольшие трудности в работе оператора вызывают потоки информации. Это самое модное слово последних десятилетий в инженерно-психологическом контексте означает лишь подаваемые человеку, порой в нелепой и уродливой форме, сведения об управляемых объектах, важные для решения задач, стоящих перед системой управления. Именно из-за этой часто не соответствующей возможностям человека формы предъявления информации возникает явление перегрузки человека информацией, ведущее за собой пропуски и искажения в ее приеме и ошибки оператора в управлении. Поэтому одной из первых в инженерной психологии возникла задача определения так называемой «пропускной способности оператора», и на ее решение было затрачено несоразмерное результатам количество усилий.

Пропускная способность человека во много раз превосходит то количество информации, которое могут предъявить ему инженеры на устройствах отображения информации, и все же оператор не в силах принять в нужное время предъявляемую ему информацию. Любой человек в повседневной жизни находится в океане информации. Достаточно сказать, что мы в течение дня более 100 тыс. раз меняем направление нашего взора и прекрасно ориентируемся в привычной обстановке, замечаем большую часть происходящих в ней изменений, знакомимся с новыми явлениями и т. п. Но если привычную обстановку и происходящие в ней изменения переложить на другой язык, закодировать и предъявить человеку на различных экранах, приборах, мнемосхемах, табло и пр., то ему очень скоро придется убедиться в весьма низкой пропускной способности. В этой ситуации у человека может даже возникнуть ощущение собственной неполноценности. Иногда оператор попадает в положение, совершенно аналогичное тому, в которое попадает человек, оказывающийся в чужой стране со слабым знанием языка.

Трудности в организации общения человека с машиной приводят порой к тому, что соединение двух элементов си-

стемы — человека и машины — дает в итоге сумму, меньшую, чем каждое из слагаемых. Разумеется, речь не идет о «непринужденном общении» человека и машины, но оно должно осуществляться по крайней мере на понятном языке. Тем более, что кодировать все же нужно. Нельзя диспетчеру аэропорта показывать реальные самолеты, а химику — реальные химические реакции. Оператор должен получать информацию об объектах, которые удалены или опасны для непосредственного наблюдения. Поэтому оператор в системах управления имеет дело со своеобразным «эрзацем» реальной обстановки — с ее информационной моделью, в которую включаются сведения об объектах управления и о состоянии самой системы управления.

Одну и ту же действительную обстановку можно отобразить самыми разнообразными способами. Можно представить себе такой случай, что информация о воздушной обстановке на диспетчерском пункте управления большого аэропорта будет представлена оператору либо в виде книги, листа, которую он отыскивает необходимые сведения; либо в табличном виде; либо на экране, где условные обозначения самолетов предъясняются на фоне карты зоны аэропорта и т. п.

При этом каждый из возможных способов предъяснения информации будет удовлетворять необходимому требованию — адекватности информационной модели сложившейся обстановке. Но в одном случае на анализ информации у оператора уйдет больше времени, чем в другом. Так, в нашем примере с книгой, в которой может содержаться вся необходимая информация, оператору будет очень затруднен поиск нужного ему в данный момент. Все полезное время, имеющееся на решение задачи управления, может быть затрачено на поиск, и в итоге задача не будет решена. Следовательно, информационная модель должна быть адекватной не только действительности, но также и возможностям человека по оперативной переработке информации. Иными словами, информационная модель должна удовлетворять требованию оперативности осуществления процесса приема информации, ее декодирования и переработки. Естественно, что это второе требование необходимо учитывать в такой же степени, как и первое. А между тем оно учитывается в большинстве случаев на основе здравого смысла и интуиции, а не на основе экспериментальных и теоретических исследований процессов восприятия, опознания, памяти и решения, осуществляемых оператором.

Требование адекватности информационной модели действительной обстановке и требование адекватности информационной модели задачам оператора и его возможностям по оперативной переработке информации не совпадают друг с

другом. Это можно пояснить таким примером: один и тот же предмет может быть сфотографирован, изображен художником-реалистом, художником-импрессионистом, художником-плакати́стом и художником-специали́стом по рекламе. Любое из этих изображений будет отображать существенные признаки предмета, однако выразительные средства будут различны и соответственно разной будет скорость восприятия изображений, различными будут выделяемые наблюдателем детали и различным будет общее впечатление, получаемое наблюдателем от изображений. Ведь не случайно поиски новых изобразительных приемов и средств выразительности сократили за последние 30—40 лет время восприятия рекламы с 20—30 до 1—2 сек. Сейчас всем некогда, и люди, если их скользящий взгляд не привлечет нечто необычное, пройдут мимо, не останавливаясь. Аналогичная задача стоит и перед разработчиками устройств отображения информации и инженерными психологами. Современные системы управляют огромным числом объектов, имеющих в свою очередь большое число меняющихся характеристик — и все это за короткое время необходимо донести до оператора и еще оставить ему время для принятия необходимых решений и осуществления управляющих воздействий.

Еще, по-видимому, рано писать историю создания современных устройств отображения, равно как и историю инженерной психологии, однако, если сопоставить объем информации, который оператор мог принять, используя устройства отображения систем управления, 10—15 лет тому назад и сейчас, то прогресс будет очевиден. Тем не менее проблема увеличения пропускной способности до сего дня стоит чрезвычайно остро. «Человеческие ошибки», в которых, кстати человек часто неповинен, все еще занимают достаточно высокий удельный вес в суммарных отказах технических устройств и средств автоматизации. Каковы же пути исследования и повышения пропускной способности оператора?

Оператор, работающий с информационной моделью, должен на основании ее анализа создать собственное представление о состоянии управляемых объектов, или, как иногда говорят, создать концептуальную модель реальной действительности. Вот как описывает известный летчик-испытатель М. Л. Галлай работу пилота с приборами: «Я представляю себе, как метался глаз летчика от прибора к прибору во время этого разворота: крен, перегрузка, скорость, подъем, курс, снова крен, снова скорость... Инерция прижимает тело к креслу. Дрожит от напряжения корабль... За покрытыми испариной стеклами кабины сплошная молочная мгла, но летчик отработанным за годы полетов внутренним взором видит, какую хитрую, лежащую на самой грани возможного кривую описывает его машина». Здесь интересно, во-первых,

то, что пилот видит не столько приборы, сколько траекторию полета, т. е. он на основании показаний приборов создает собственное представление о поведении самолета. Во-вторых, то, что такое видение внутренним взором отрабатывается за годы полетов. Это означает, что пилоту для того, чтобы перевести показания отдельных приборов во внутреннее видение траектории полета, нужно совершить большое число сложных преобразований информации. Естественно возникает вопрос, нельзя ли пилоту облегчить эту задачу и вместо отдельных частных показаний (или наряду с ними) показывать картину полета. Такие индикаторные устройства в настоящее время созданы. Они существенно облегчают управление полетом самолета или управлением подводной лодкой. Это так называемые «контактные аналоги», в разработке которых приняли участие специалисты в области психологии восприятия и инженерной психологии. Контактные аналоги дают «картинное» представление об обстановке и вызывают эффект реальности и эффект непосредственного присутствия и участия оператора в ситуации.

Приведенный пример достаточно отчетливо характеризует различия между информационным и концептуальными моделями и свидетельствует о том, что имеется процесс преобразования сведений, содержащихся в информационной модели, в некоторое общее представление ситуации, иными словами, в концептуальную модель. Лишь после того, как оператор построил свою концептуальную модель обстановки, он может принимать решение и осуществлять управляющие воздействия. Без этого его действия лишь случайно смогут оказаться успешными.

Следовательно, чтобы повысить скорость переработки информации, необходимо изучить состав операций, с помощью которых осуществляется преобразование информационной модели в концептуальную, а также время выполнения каждой из этих операций. Для создания оптимальных условий оперативного и точного управления следует по возможности сближать содержание информационных и концептуальных моделей и тем самым уменьшать число операций, необходимых для создания концептуальной модели.

Если структура требуемой для принятия решения концептуальной модели раскрыта, возможно достижение полного совпадения информационной и концептуальной моделей, т. е. фактически возможно исключение человека из системы управления. Второй также крайний случай — это максимальное расхождение между информационной и требуемой концептуальной моделями. При этом человек, пользующийся информационной моделью, должен слишком большое время тратить на построение адекватной задачам концептуальной модели. Для создания оптимальных условий оперативного и

точного управления следует по возможности сближать содержание информационных и концептуальных моделей, для чего нужно создавать иерархии информационных моделей или отображать в информационных моделях различные свойства управляемых объектов, полезные для управления. Проблема содержания и структуры информационных и концептуальных моделей фактически совпадает с проблемой распределения между человеком и машиной функций по переработке информации.

Для нахождения оптимальных взаимоотношений между информационной и концептуальной моделями эвристически полезно и поучительно исследование процессов переработки информации, происходящих в живых системах. Характерно, например, что в зрительной системе человека неоднократно осуществляется преодоление избыточной и излишней информации, происходит выделение, отбор и сохранение полезной информации. Это происходит как благодаря движениям глаза, некоторые направляют взор на нужные участки поля зрения, так и благодаря наличию промежуточной памяти сетчатой оболочки глаза, хранящей в течение короткого времени значительно большее количество информации по сравнению с тем, которое впоследствии передается на более высокие этажи нервной системы. По существу зрительная система создает два типа моделей: нервную и перцептивную, взаимоотношения между которыми изучаются общей и генетической психологией.

По-видимому, аналогия между нервной и перцептивной моделями, с одной стороны, и информационной и концептуальной моделями, с другой, не слишком произвольна. Как в нервной, так и в информационной моделях содержится значительно большее количество информации по сравнению с тем, которое необходимо для решения текущих задач регуляции поведения и управления. Оба указанных вида моделей адекватны отображаемым объектам и не всегда адекватны задачам, поэтому они должны быть преобразованы и перестроены: нервная в перцептивную и, соответственно, информационная в концептуальную. Эта перестройка и преобразование осуществляются до тех пор, пока не установится соответствие перцептивной модели задачам живой системы, а концептуальной модели — задачам оператора системы управления.

Информационная модель может сдерживать данные разной степени общности. В зависимости от этой степени следует различать детальные и интегральные информационные модели. Детальная модель должна включать подробные сведения об объектах и их параметрах, подлежащих управлению, чтобы оператор имел возможность принимать решения относительно каждого объекта.

Так как в детальную модель включена вся необходимая для управления информация, принимаемое на основе ее анализа решение оказывается всесторонне обоснованным: в нем учитываются все существенные переменные и обстоятельства. Имея дело с детальной моделью, оператор может решать разные по характеру задачи и, главное, задачи конкретные, частные. Детальные модели следует рекомендовать к использованию в небольших системах, управляющих сравнительно небольшим числом объектов, или к использованию на нижних уровнях управления больших автоматизированных систем.

Интегральные модели требуются на высших уровнях больших систем, где принимаются принципиальные решения, от которых зависит судьба всей системы. Если такие решения принимать на основе анализа детальной модели, они, возможно, будут несколько более обоснованными, но оператор не сможет уложиться во время, требуемое условиями работы системы.

Принципиальное различие между детальными и интегральными моделями состоит в том, что с помощью первых оператор получает точную количественную оценку состояний объектов и их параметров. Чтобы перейти к качественной оценке ситуации, оператору необходимо произвести тщательный анализ количественных данных, содержащихся в детальной модели. Интегральная же модель дает оператору качественную оценку ситуации. Точная оценка всех количественных параметров в ней отсутствует. Поэтому в зависимости от задач, решаемых оператором, необходимо строить для него либо детальные, либо интегральные модели. Возможно использование информационных моделей обоих типов на одном рабочем месте. Тогда оператор по интегральной модели качественно оценивает ситуацию, а в случае необходимости пользуется детальной информацией.

При работе с интегральной моделью оператор имеет возможность, осуществляя небольшое число запросов (или шагов в ходе информационного поиска), получать информацию о наиболее важных объектах или параметрах. При этом информационный поиск осуществляется как бы по свернутой траектории, не захватывая все объекты управления и освобождая оператора от промежуточных преобразований информации.

При согласовании работы человека и машины большую роль играют информационно-логические машины, управляющие режимом отображения обстановки. В них должны быть заложены алгоритмы преобразования информации, обеспечивающие ее выдачу в оптимальной форме. Эти алгоритмы должны быть рассчитаны как на выдачу детальной, количе-

ственной информации, так и на выдачу интегральной, качественной информации. Рациональный выбор детальных и интегральных моделей, таким образом, — важное условие обеспечения эффективности работы оператора и всей системы.

На основании анализа деятельности оператора в системе управления и на основании анализа задач, которые он решает, следует принимать решение относительно вида моделей, которые используются в системе. Введение интегральной информации уменьшает сенсорную перегрузку и в значительной степени решает проблему пропускной способности оператора. Главное состоит в том, что введение интегральной информации освобождает человека от работы в режиме информационного поиска, от ряда подготовительных преобразований информации, направленных на приведение ее к виду, пригодному для принятия решения.

Работа в режиме информационного поиска — это по существу работа вхолостую; разумное распределение функций между человеком и машиной, видимо, должно заключаться в том, чтобы функции поиска и оперативного хранения информации передавать машине. Машина это делает лучше, чем человек, если ей заданы искомые признаки. Что касается человека, то человек ищет медленно, в оперативной памяти хранит мало информации, допускает большое число ошибок в поиске и хранении. Немаловажно также и то, что хорошие, даже выдающиеся способности человека к поиску информации вовсе не обязательно коррелируют со способностями к решению задач, с эвристическими способностями.

Естественно, возникает вопрос: как определить меру количества информации, которое одновременно можно предъявить оператору? Нужно сразу предупредить, что общего решения этой проблемы пока нет. Имеющиеся попытки ее решения не учитывают всей сложности человеческой деятельности при решении многих задач: обнаружения, опознавания, поиска, решения и пр. В настоящее время исследователи пошли по пути создания аналитических моделей некоторых частных процессов приема и переработки информации человеком оператором. На состоявшемся в декабре 1966 г. II Тбилисском симпозиуме по проблемам «человек-машина» была предложена функциональная модель некоторых элементов сетчатки, которая дает возможность рассчитывать определенные светотехнические и психофизические характеристики предъявляемых изображений. Там же предложена модель информационного поиска. Остановимся на последней подробнее. В качестве показателей затрат времени на информационный поиск Б. С. Березкин воспользовался числом шагов, осуществляемых в поиске (т. е. числом движений глаз) и средней длительностью зрительной фиксации (т. е. временем остановки глаза на объекте). Большой цикл экспериментальных ра-

Таблица 1

**Средняя длительность зрительных фиксаций
в задачах информационного поиска
при работе с различным материалом**

№	Задачи	Средняя длительность фиксаций (в сек)
1	Поиск простых геометрических фигур	0,18—0,20
2	Поиск букв и цифр в таблицах	0,30
3	Поиск условных знаков	0,30
4	Поиск буквенно-цифровых формуляров	0,31
5	Поиск цели на экране локатора	0,37
6	Ориентация и навигация при работе с локатором	

Таблица 2

**Зависимость средней длительности зрительных фиксаций
от сложности задач при работе с однородным
материалом (с условными знаками)**

№	Задачи	Средняя длительность фиксаций (в сек)
I. При работе с условными знаками:		
1	поиск условных знаков	0,25—0,33
2	ознакомление с ситуацией, обозначенной условными знаками	0,635
3	обнаружение изменений в знакомой ситуации, обозначенной условными знаками	0,55
4	счет условных знаков	0,517
II. При работе с цифровыми таблицами:		
1	поиск цифр	0,20
2	поиск по простому алгоритму	0,36—0,40
3	поиск, по сложному алгоритму	0,60

бот, которые публикуются в настоящее время, показал, что предложенной моделью можно пользоваться для оценки затрат времени на информационный поиск. Таблицы 1 и 2, составленные по данным ряда авторов (З. Гератеволь, Ю. Гиппенрейтер, Т. Зинченко, В. Мозговой и др.), показывают необычайную чувствительность такого показателя, как длительность зрительной фиксации к способу кодирования информации и к трудности зрительной задачи. Естественно, что если от оператора, работающего с той или иной информационной моделью, требуется перебор всех ее элементов или поиск, то мы можем определить математическое ожида-

ние числа шагов в поиске и помножить на среднюю длительность шага и тем самым оценить затраты времени на информационный поиск. Если эти затраты окажутся непомерно высокими, то возникает вопрос о смене способа кодирования или о перестройке информационной модели в сторону обобщения и интегрирования данных. На первый взгляд может показаться, что экономия в 0,1—0,2 сек слишком незначительна, но, как известно, в день человек совершает около 100 тыс. фиксаций.

Аналогичная разработка моделей кратковременной и оперативной памяти, некоторых процессов решения задач, по-видимому, будет способствовать получению общезначимых результатов (в отличие от описания случаев) и более эффективному синтезу человека и машины — синтезу, который даст больше, чем простая сумма своих частей.

ЭВРИСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ И КИБЕРНЕТИКЕ

Доктор педагогических наук

В. Н. Пушкин

**Так называемые «эвристики»
и эвристические процессы человека**

Современный уровень развития производства характеризуется распространением больших производственных систем, или систем большого масштаба. В настоящее время нет еще четкого определения понятия «большая система». В наших исследованиях содержание этого понятия раскрывается с точки зрения соотношения управляемого объекта и регулятора в процессе управления. Система может считаться большой в том случае, когда на управляемом объекте возможны такие отклонения от заданного режима, относительно которых у регулятора отсутствуют готовые управляющие воздействия, и он должен их заново формировать на основе решения задачи.

Такое понимание больших систем предполагает анализ функционального значения мыслительной деятельности человека, управляющего системой. В этой связи для решения важных современных проблем инженерной психологии большое значение приобретает знание закономерностей эвристической деятельности человека — той деятельности, на основе которой происходит решение сложных проблем и выработка новых стратегий управления. Действительно, многие практические вопросы проектирования и эксплуатации больших систем не могут быть решены без учета закономерностей эври-

стической деятельности. К этим вопросам относятся проектирование информационных панелей центральных щитов управления, программированное обучение операторов, профессиональный подбор в диспетчерские профессии и т. д. Одна из наиболее актуальных проблем — это проблема автоматизации деятельности человека, управляющего большой системой. На этой проблеме мы и остановимся.

В литературе, так или иначе связанной с проблемой математического описания интеллектуальных процессов, термин «эвристика» получил весьма широкое распространение. Можно без преувеличения сказать, что «эвристика», «эвристический метод» сделали едва ли не самыми популярными понятиями в работах по искусственному интеллекту. Поэтому прежде всего необходимо раскрыть содержание этих понятий. В подавляющем большинстве исследований термины «эвристика» и «эвристический метод» означают некоторый четко определенный прием, который позволяет сокращать количество возможных вариантов решения задачи, число проб или площадок и коридоров лабиринта, в виде которого обычно изображается та или иная проблемная ситуация. Подчеркивается далее, что эвристика, сокращая количество проб и ошибок, не дает, однако, полной гарантии решения.

Нельзя сказать, что такое понимание эвристики принимается безоговорочно всеми авторами. Неудовлетворительность этого понимания подчеркнул, например, Ван Хао в статье «На пути к механической математике». Этот автор писал: «Слово «эвристика» обычно понимается как синоним для «искусства открытий», однако часто оно обозначает лишь частный метод, который не гарантирует общего решения данной проблемы. Эта двусмысленность наделяет слово эмоциональным оттенком, который может вводить в заблуждение при дальнейших научных изысканиях. Более знакомое и менее вдохновляющее слово «стратегия», по-видимому, является, более подходящим».

Эта критика была направлена в адрес понимания эвристики Ньюэллом, Шоу, Саймоном и с ней трудно не согласиться. Однако с нашей точки зрения, более существенно соотношение эвристики как приема с эвристической деятельностью, направленной на решение той или иной сложной задачи. Прием как некоторая последовательность операций всегда остается лишь результатом деятельности и не может быть отождествлен с ее процессом. Это справедливо даже тогда, когда логическая схема решения задачи существует и человек последовательно придерживается этой схемы. Например, формула решения квадратного уравнения не может быть отождествлена с самим процессом решения, которое осуществляет тот или иной конкретный ученик.

Еще более отчетливо разница между приемом и деятель-

ностью выступает при решении проблемной задачи, когда отсутствует готовая схема действий и ее нужно сформировать применительно к новым для субъекта условиям. Следовательно, главный вопрос при анализе эвристических процессов — это вопрос о том, как человек создает новые приемы, новые стратегии. Вопрос о том, как осуществляется отбор стратегий и приемов из имеющегося набора готовых способов действия, не может считаться здесь центральным вопросом.

Понимания эвристики как приема, сокращающего перебор вариантов, имеет смысл лишь в том случае, когда сам процесс решения задачи рассматривается как прохождение по лабиринту, как совокупность проб и ошибок. Однако экспериментальные и теоретические исследования в области психологии продуктивного мышления показывают, что такое понимание не соответствует действительности. Анализ позволяет утверждать, что собственно проблемные задачи, которые обычно используются в психологическом эксперименте, как правило, не могут быть представлены в виде лабиринта. С другой стороны, и собственно лабиринтные задачи, например шахматные, не решаются, как об этом свидетельствуют наши экспериментальные данные, прохождением по лабиринту.

Неверное теоретическое понимание процессов решения задач человеком приводит и к существенным практическим неудачам попыток запрограммировать этот процесс. Так, широко известно, что шахматные программы намного уступают в игре мастеру-шахматисту. Констатируя это обстоятельство, представители кибернетики подчеркивают, что сила шахматиста состоит в специфических приемах сокращения огромного шахматного лабиринта. Однако уже первоначальный анализ деятельности шахматиста во время игры мог бы без труда показать, что суть этой деятельности отнюдь не заключается в сокращении возможных вариантов.

Для игры нередки случаи, когда шахматист, испробовав мысленно несколько вариантов игры и обнаружив, что ни один из этих вариантов не приводит к желаемым результатам, вообще прерывает деятельность по мысленному проигрыванию и ищет еще хотя бы один приемлемый вариант. Этот перерыв в деятельности иногда исчисляется десятками минут; т. е. часто проблема для шахматиста состоит не в том, чтобы уменьшить число возможных вариантов в данной позиции, а именно в том, чтобы увеличить число этих вариантов. Следовательно, цели реального шахматиста-человека и программиста шахматной игры диаметрально противоположны.

Такое противоречие возникает, по-видимому, вследствие того, что для шахматиста не существует *всех* возможных продолжений игры, всех площадок лабиринта. Поэтому для

него абсурдным было бы осуществлять целенаправленную деятельность по сокращению числа этих площадок. Машина же осуществляет свою работу действительно на основе всех возможных продолжений и вариантов, в связи с чем проблема сокращения этого лабиринта приобретает для нее исключительную актуальность и остроту. Это различие между человеком и машиной за шахматной доской неизбежно приводит к выводу о глубоком различии между человеческими и машинными механизмами мышления.

Итак, эвристические программы, в основе которых лежат эвристики — приемы для сокращения перебора вариантов, основаны на лабиринтном понимании процесса решения задач. Например, программа ДжиПС («Универсальный решатель проблем») является эвристической, потому что она не осуществляет полный перебор вариантов при решении той или иной задачи, а стремиться к определенной конечной площадке, сокращая некоторое заданное расстояние до этой площадки. Переход с площадки на площадку осуществляется в данном случае с помощью фиксированного набора операторов. Прежде чем перейти с площадки на площадку, или, иначе, из одного состояния в другое, система должна специально искать соответствующий оператор.

Создатели эвристических программ Ньюэлл, Шоу и Саймон отнюдь не рассматривали свои программы лишь в чисто практическом плане. Им представлялось, что программы эти являются математической теорией процесса решения задач человеком. Ньюэлл и Саймон пишут: «Если мы достигнем успеха в создании программы, которая имитирует поведение испытуемого достаточно точно в значительном ряду ситуаций решения задачи, тогда мы можем рассматривать программу как теорию поведения». По мнению Ньюэлла и Саймона, эта теория будет выполнять в отношении мышления ту же роль, что и группа дифференциальных уравнений в физике в отношении процессов физических, поскольку программа может предсказать последовательность различных состояний системы, решающей задачу.

Такая точка зрения едва ли вызывала бы сомнения, если бы речь шла о том, чтобы дать теорию внешнего поведения системы. Однако в отношении процесса решения задач дело обстоит значительно сложнее. Здесь речь должна идти о закономерностях, протекающих внутри системы информационных процессов. Известно, что из одинакового поведения двух систем совсем еще не следует одинаковость внутренних процессов, определяющих поведение данных систем.

Это обстоятельство хорошо понимали Джон Маккарти и Клод Шеннон, когда в предисловии к сборнику «Автоматы» критиковали Тьюринга за его чисто внешнюю характеристику мышления. Они указывали, в частности, что более фунда-

ментальное определение мышления «...должно содержать нечто относящееся к тому, каким образом приходит машина к своим ответам — нечто соответствующее различию между лицом, решившим задачу путем размышления, и лицом, которое заранее заучило ответ наизусть». И неудачи эвристического программирования, в частности неудачи программы ДжиПС в отношении шахмат, показывают справедливость этой критики чисто поведенческого подхода к мыслительным процессам. Программа ДжиПС, вопреки ее названию и намерениям ее создателей, оказалась совсем не общей и не универсальной, как не может быть универсальной ни одна программа, основанная на лабиринтном понимании решения задач и на понятии «эвристика», определенном как прием, сокращающий перебор вариантов.

Принципы теории автоматов — основа эвристического программирования

Трудности и противоречия эвристического программирования связаны с современной теорией автоматов, реализацией которой оно является. Поэтому разработка путей и методов математического описания процесса решения задач человеком связана с исследованием некоторых общих принципов, лежащих в основе этой теории. Такой анализ тем более целесообразен, что теория автоматов рассматривается в качестве общей теории поведения, которая будто бы описывает и человеческое поведение, связанное с процессом решения задач.

Наиболее интересны в плане анализа эвристических программ принципы, лежащие в основе теории конечных автоматов. Известно, что в кибернетике конечными автоматами называются устройства для переработки информации, имеющие конечное число входов, воспринимающих информацию, и конечное число выходов для выдачи обработанной информации. Работа автомата состоит в том, что на его вход поступает некоторое воздействие, которое изображено определенной последовательностью символов входного алфавита. Поступление этих символов осуществляется по квантованной шкале времени. Выходы автомата выдают определенную последовательность символов выходного алфавита.

Целесообразный характер работы автомата достигается определенной зависимостью между возбуждением его входов и выходов, а также особенностями его внутренних состояний в момент поступления входного сигнала. Число возможных внутренних состояний рассматривается как объем внутренней памяти. Следовательно, любой конечный автомат является с точки зрения теории автоматов выражением из-

вестной схемы стимул — реакция, выдвинутой поведенческой психологией. Все это позволяет охарактеризовать существующую теорию автоматов как стимульно-реактивную теорию (СРТА).

СРТА явилась основой создания всех существующих кибернетических систем и ее заслуги перед современной техникой ни в коем случае нельзя недооценивать. В данном случае принципы этой теории автоматов рассматриваются лишь с точки зрения их использования в качестве основы построения математической теории процесса решения задач человеком. А с этой точки зрения указанная теория обнаруживает весьма существенные слабости. И прежде всего эти слабости выступают при анализе отображательных возможностей автоматов, построенных на основе СРТА.

Чтобы охарактеризовать возможности автоматов отображать вещи и явления внешнего мира, достаточно остановиться на содержании двух широко распространенных в кибернетике понятий: **событие и представление событий** в автоматах. Событие определяется как множество входных последовательностей, фиксированного в буквах входного алфавита. Автомат может иметь вход, состоящий из нескольких каналов. Тогда буквой входного алфавита будет определенная комбинация тех или иных входов, а событием — последовательность таких возбуждений в квантованные отрезки времени. Следовательно, событие с точки зрения СРТА есть лишь последовательность символов; автомат не может одновременно отразить несколько объектов и их свойств, расположенных в одном поле.

Как же представляются события в автомате? Выражение «автомат представляет событие S выходным символом a » означает, что всякий раз, когда на входе автомата была последовательность сигналов S , на его выходе появляется последовательность его выходных символов a ; и обратно: появляется только тогда, когда наступило S . Такое понимание представления событий автоматом означает, что отображаются не объекты как таковые в их связях и отношениях. Отобразить событие означает лишь выдать определенную реакцию на определенный стимул.

Нетрудно увидеть, какие большие сложности возникают перед автоматом, отражательные возможности которого ограничены лишь соотношением стимулов и реакций. Большинство проблемных ситуаций состоит из разрозненных, разобщенных друг от друга элементов (условий). Примером такого рода дискретных совокупностей могут служить шахматные позиции. Ситуация, состоящая из таких элементов, лишь в редких случаях включает в себе четко определенный стимул, в ответ на который должна последовать определенная реакция. Обычно прежде чем спланировать стратегию в та-

кой ситуации, необходимо отобразить признаки составляющих ее элементов и связать эти элементы между собой в некоторое единое целое, в систему элементов. В автоматах, построенных по принципам СРТА, такой преобразователь отсутствует. Их отображательные возможности не позволяют осуществить деятельность по обнаружению признаков составляющих ситуацию элементов и построить из этих элементов систему.

Как же осуществляет стимульно-реактивный автомат решение задач, условия которых представлены в виде дискретной совокупности оперативных элементов? Поскольку такие задачи могут быть представлены в виде лабиринта, то их решение и состоит в прохождении по этому лабиринту, в переборе различных вариантов. Существуют многие классы задач, которые успешно поддаются такого рода лабиринтному подходу. Однако существуют и такие задачи, конечные площадки лабиринтов которых лежат в пространстве с неопределенным числом измерений. В отношении этих задач нельзя построить реального лабиринта. И здесь обнаруживаются слабости любого автомата, построенного на основе СРТА, в том числе и эвристических программ. Задачи эти были охарактеризованы нами как экстраполяционные задачи с неопределенной областью поиска. Но именно эти задачи наиболее специфичны для творческого мышления человека.

О некоторых путях построения теории эвристических автоматов

Исследования по психологии мышления и работы в области кибернетики позволяют считать, что построение математической теории продуктивной мыслительной деятельности связано с разработкой проблем информационного моделирования. На современном этапе развития науки можно ставить проблему построения математической теории решения лишь тех задач, которые названы нами оперативными и которые характеризуются наличием статической системы, а также оперативных элементов, способных перемещаться в рамках этой статической системы. Этот класс задач позволяет проследить процесс моделирования субъектом элементов задачи и всей проблемной ситуации в целом. В ходе моделирования происходит реализация некоторых заранее запрограммированных признаков элементов (например, способность шахматного коня ходить буквой Г) в заданной ситуации. При этом каждый из элементов приобретает незапрограммированные ранее признаки. Назовем первую группу признаков начальными или базисными признаками, а вторую — актуальными или ситуативными. В реальной проблемной ситуа-

ции (например, шахматной позиции) при реализации базисных свойств оперативных элементов возможно такое положение, когда в число ситуативных признаков элемента *A* попадает элемент *B*, а в число признаков элемента *B* элемент *A*. Такое взаимодействие между оперативными элементами, возникающее при реализации их базисных признаков, назовем связью.

Процесс моделирования проблемной ситуации, который служит основой решения задачи, состоит в генерации человеком ситуативных признаков элементов и в установлении связей между ними. На основе этого процесса формируется модель или система проблемной ситуации, в которую могут входить не все элементы этой ситуации, а лишь те из них, между которыми образовалась связь. Элементы, связанные таким образом, перестают быть дискретной совокупностью и отображаются как единое целое. Остальные элементы становятся фоном. В рамках созданной модели проблемной ситуации, которая была охарактеризована нами как оперативно-информационная модель, и осуществляется выработка стратегий в условиях той или иной ситуации, представленной в виде дискретной совокупности элементов.

Описанный процесс построения моделей может быть представлен и несколько иначе, с использованием понятий теории множеств. Вся совокупность ситуативных признаков того или иного элемента можно обозначить через множество элементов статической системы, которое этот элемент может занять при реализации своих оперативных базисных признаков. В этом случае связь может быть представлена как пересечение множеств элементов статической системы, характеризующих пару оперативных элементов. Оперативно-информационная модель выступает здесь как пересечение множеств нескольких элементов на представленной дискретной совокупности.

На основе анализа экспериментальных данных и указанного подхода к проблеме информационного мозгового моделирования в процессе решения задач можно предложить следующую схему абстрактного автомата, способного строить модели из дискретной совокупности оперативных элементов, для которых могут быть определены оперативные базисные признаки — способы перемещения в статической системе. Автомат состоит из четырех блоков следующего назначения. Блок 1 представляет собой многоканальное устройство, каждый из каналов которого связан с определенным оперативным элементом. Каналы эти осуществляют проигрывание базисных оперативных признаков элементов и генерацию на основе такого проигрывания их ситуативных признаков. Блок регистрирует лишь те элементы, между которыми в данный такт времени обнаруживается связь в указанном выше

смысле. Блок 2 — это блок памяти и опыта. Полученные в первом блоке связи соотносятся с имеющимися во втором блоке готовыми оперативно-информационными системами. Следует отметить, что, по-видимому, опыт представлен в этом блоке именно на языке связей и оперативно-информационных систем. Есть все основания предполагать, что актуализация опыта осуществляется с помощью резонансных процессов. В блоке 3 на основании установления связей в данной, новой для субъекта ситуации и на основании соотношения этих связей с опытом определяется проблема и заканчивается формирование оперативно-информационной модели. Блок 4 осуществляет перевод модели в определенную совокупность операций-ходов.

Автомат, работающий на основе моделирования свойств и признаков элементов ситуации был назван нами эвристическим автоматом (ЭА) в отличие от стимульно-реактивных автоматов. В настоящее время не существует математической теории эвристического автомата, и тем не менее можно указать некоторые точки сравнения этого автомата с автоматом, основанным на СРТА. Различия между этими автоматами целесообразно классифицировать по следующим пунктам.

1. Автомат СРТА требует определенного стимула, соответствующего его входу, объему его внутренней памяти и выходу. В условиях дискретной оперативной среды этот автомат работает неэффективно. ЭА предназначен для работы в условиях дискретной среды. Он не нуждается в заранее определенном стимуле: сам формирует стимульную ситуацию из совокупности разрозненных элементов.

2. Событие в автомате СРТА представлено в виде соответствия определенной последовательности входных воздействий некоторой определенной реакции. В условиях дискретной оперативной среды количество букв входного алфавита должно быть равным количеству возможных сочетаний элементов. В ЭА событием является система элементов, построенная на основе информационного моделирования их динамических возможностей.

3. Решение задачи в автомате СРТА осуществляется по схеме прохождения лабиринта, служащего диаграммой переходов — графом, вершины которого соответствуют различным состояниям автомата, а ребра — возможным переходам. При таком принципе работы пространство состояний должно быть четко определено. Автомат СРТА не может успешно работать в пространстве состояний с неопределенным числом измерений, или, иначе, решать экстраполяционные задачи с неопределенной областью поиска. ЭА, моделируя элементы задачи и создавая системы из этих элементов, формирует стратегию, которая лишь по внешнему виду может рассматриваться как прохождение по лабиринту. Работа на основе

модели ситуации освобождает ЭА от необходимости в определенном пространстве состояний. Поэтому он может решать задачи, область поиска которых не определена.

Это сравнение позволяет поставить вопрос о необходимости существенного расширения существующей теории автоматов и построения математической теории эвристических автоматов. Практические и теоретические неудачи эвристического программирования не должны, однако, приводить к пессимизму, в который впали некоторые исследователи, считавшие, что вообще невозможно разработать теорию эвристических процессов. Эвристические процессы сложны. Как уже говорилось, в настоящее время нет математического аппарата, с помощью которого их можно было бы удовлетворительно описать. Но в этих процессах нет ничего непознаваемого. И есть все основания думать, что лабиринтное понимание решения задач будет преодолено, что будет создан новый математический аппарат, способный описать построение моделей человеком и выработку им новых стратегий. Хотя, конечно, создание такого аппарата еще не будет однозначно связано с воспроизведением эвристической деятельности средствами кибернетической техники.

ПРОБЛЕМА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РАЗЛИЧИЙ ОПЕРАТОРОВ. СБОР И ОБРАБОТКА ДАННЫХ МАССОВЫХ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Кандидат медицинских наук
Г. М. Зарковский

Главная цель инженерной психологии, которая является прикладной наукой, — повышение эффективности труда специалистов. Эта задача может быть решена двумя основными путями. Первый путь — приспособление машины к человеку, о чем здесь уже говорилось. Второй путь — приспособление человека к машине. Об этом также говорилось, но очень мало, хотя и этот аспект психологии труда также входит в инженерную психологию. В общем виде задача приспособления человека к машине есть задача адаптации к условиям трудовой деятельности, т. е. к среде и работе в смысле формирования определенных навыков (обучение и тренировка). Но есть еще третий путь — психологический отбор.

Вопрос о практическом использовании этого пути очень серьезен, потому что принципиальное решение о целесообразности психологического отбора должно вытекать из нашего знания сущности психологических свойств человека и законов их развития. Если существуют какие-то относительно неизменяющиеся врожденные или приобретенные в раннем детстве, но достаточно стойкие свойства, то путь отбора действительно целесообразен. Если же любое качество человека может быть развито в процессе воспитания и обучения, то этот путь не имеет смысла. В отно-

шении некоторых профессий, например профессий художественного творчества, человеческий опыт показывает, что такой отбор по существу проводится «стихийно». Аналогичный вывод правомерен и для ряда операторных профессий: летчиков, операторов сложных пультов, управления и т. п.

Мы пока не очень хорошо знаем, в какой степени устойчивы или неизменны необходимые для успешной работы по этим профессиям психологические качества человека. Может быть они могут быстро совершенствоваться путем применения специальных методов обучения и тренировки. Но пока достаточно хороших методов нет, психологический отбор целесообразно проводить. В результате эффективная деятельность человека-оператора может быть значительно повышена.

Однако проблема индивидуальных психологических различий имеет отношение не только к отбору, но и к задаче предсказания эффективности рабочей деятельности того или иного специалиста в проектируемых системах управления. Для этого нужно получать зависимости, строить теорию психофизиологических возможностей человека. При этом оказывается, что такая теория не может быть построена вообще для «среднего» человека, поскольку психофизиологические возможности людей в силу их индивидуальных свойств или недостатков обучения нередко описываются разными законами.

Приведу пример. В одном из экспериментов проводилось исследование вероятности ошибок и отказов при принятии решений оператором в условиях сокращения временных интервалов. При сокращении интервала вероятность отказов для группы операторов в целом уменьшалась по экспоненциальной кривой (число пропусков сигналов увеличивалось). Однако когда посмотрели индивидуальные кривые, то оказалось, что до какого-то предела кривая повторялась у всех, потом некоторая группа операторов совершенно отклонилась по своей закономерности от общего закона. Следовательно, предсказание надежности работы оператора в этом интервале времени для разных групп операторов будет отлично от того, что мы имеем в среднем. Иными словами, дальнейшая работа по исследованию психологических возможностей и построению количественных зависимостей, безусловно, должна учитывать индивидуальные или групповые особенности людей. Работая в области инженерной психологии, нужно постоянно помнить, что человек — это Человек, т. е. личность, которая имеет достаточно сложную структуру, а инженерная психология это не инженерная, а антропологическая наука.

Что собой представляет человек? Какова психофизиологическая структура трудовой деятельности?

Прежде всего в человеке протекают определенные физиологические процессы, лежащие в основе его жизнедеятельности.

С точки зрения инженерной психологии центральной частью личности являются процессы переработки информации. Переработка информации человеком всегда мотивирована. Она может быть обусловлена вытекающими из мировоззрения социальными целями или биологическими, например пищевыми, потребностями. Мотивированность может очень меняться, и она должна быть учтена в любых психологических исследованиях.

В человеке происходят так называемые активационные процессы, т. е. процессы, определяющие уровень бодрствования, концентрацию, распределение внимания, волевые напряжения. Эти процессы присутствуют всегда. Они направляют и задают уровень качества переработки информации человеком.

Нельзя также изучать человека, не учитывая окружающую среду. Причем среду мы должны рассматривать в виде двух составляющих. Первая составляющая — это физическая (гигиеническая) среда. Но еще большее значение для человека имеет вторая составляющая — среда социальная.

В инженерной психологии определенным образом должны учитывать-

ся все перечисленные части личности. Однако основная наша область — переработка информации, активационные процессы и, конечно, цели и мотивы. Это все есть нечто иное, как психологическая информация, которую мы теми или иными способами должны получать.

Кроме того, когда речь идет о проблеме психологического отбора или об оценке эффективности наших рекомендаций по средствам отображения информации, по компоновке пультов и т. п., мы должны получать информацию эргономическую, прямо характеризующую, как человек работает.

Таблица 1

Классификация процессов переработки поведенческой информации человека

Классификационный признак	Тип	Класс	Род
1	2	3	4

Общие характеристики

Генеральный механизм переработки информации Характеристика сознания	Поисковый Автоматизированный Осознанные	Активные (волевые) Пассивные (внешние) Следящие (контролирующие) Условно-рефлекторные	
Происхождение	Неосознанные Врожденные Приобретенные	Второсигнальные	По временному совпадению Композиционные (сенсорные) Прямого замыкания Ассоциативные Понятийно-логические
Детерминированность	Однозначно детерминированные Вероятностно детерминированные Спонтанные (неявно детерминированные)		
Характеристика связи во времени с другими реакциями	Независимая последовательность Зависимая последовательность	Одиночные Серийные Со следовой связью С вероятностной С семантической	Непосредственной Ангиципирующей

Этапные характеристики

Генетически-кодированная характеристика входного сигнала	Экзогенные	С естественным кодом С искусственным кодом	По виду сигнализации: с сигналами, адекватными изображениям с сигналами-символами
	Эндогенные	Эграммные	Элементарные Образные Комплексные

1	2	3	4
Композиционная характеристика входного сигнала	Временные Простые Составные	Интероцептивные	Копировочные Синтетические
Операции	Прямого замыкания	Образные	Понятия суждения совокупности
	Трансформирующие	Дискретные	Одновыборные
		Непрерывные (слежения)	Многовыборные
		Репродуктивные	Группировочные
		Продуктивные	Счетные
	Запоминания	Оперативные	Комбинаторные
Конечный продукт	Эффекторный	Долговременные	Умозаключающие
	Энграммный	Кинетический	Эвристические
		Блокирующий (тормозной)	Моторный
		Элементы	Речевой
		Образы	
		Комплексы	
		Алгоритм	

Таблица 2

Классификация активационных процессов

Тип	Класс	Род	Вид
Общей активности	Уровень бодрствования		
	Уровень волевого напряжения		
	Уровень напряжения физиологических процессов		
Доминантные	Специфические (отношения к операции, установка)	На базе биологических потребностей	Самосохранения
			Видосохранения
		На базе социально-психологических потребностей (целей)	Познавательной индивидуальной целевой обществено-целевой бдительности
	Неспецифические (внимание)	Концентрация, объем, переключаемость, устойчивость	Бдительность
Эмоциональные	Аффектные	Стимулирующие переработку информации, дезорганизующие	По возбудительному проявлению, по групповому
	Чувства	Активирующие переработку информации, угнетающие	

Другими типами информации, вытекающими из структуры личности, будет социометрическая, физиологическая и, наконец, гигиеническая. Только имея в распоряжении информацию по всем этим типам, мы можем строить уверенные суждения об эффективности наших рекомендаций, о тех критериях и методах, которые нужны для того, чтобы осуществить

психологический отбор специалистов. Для практических целей необходимо схему личности сделать еще более дробной. В качестве примера в таблицах 1 и 2 приведены классификации процессов переработки информации и активационных процессов по ряду критериев.

Даже когда речь идет лишь об оценке «пропускной способности» по переработке информации, для практических рекомендаций нужно пользоваться не одним уравнением, а несколькими: по числу отличающихся по психологической сущности видов преобразования человеком информации, входящих в данный трудовой процесс (реакции прямого замыкания — выбора и слежения; трансформирующие операции — репродуктивные и производные и т. д.). Таким образом, характеристика психофизиологических возможностей человека, его работоспособности или иных проявлений качеств личности всегда многомерна (Вот, кстати, почему надежды на универсальную применимость в инженерной психологии мер теории информации не оправдались.)

Остановимся еще на одной принципиальной стороне подхода к психологическому отбору и изучению человека в системах управления. Когда задают вопрос: какими качествами должен обладать, например, водитель автомобиля, все говорят, что у него должна быть хорошая память, он должен быть внимательным, неглупым человеком, иметь быструю реакцию, должен быть эмоционально устойчивым. А каким должен быть оператор вычислительной машины? Он должен обладать теми же самыми качествами. Таким образом, создается впечатление, что мы не можем различать профессии.

Если только качественно перечислять, что нужно для того, чтобы работать по данной профессии, то сравнительно небольшая часть профессий могла бы быть огдифференцирована, диагностирована как отличная от других по психофизиологическим признакам. На самом деле этот вопрос должен решаться обязательно с учетом количественного критерия, а именно весов того или другого качества, признака. По сути дела проблема психологического отбора, или психофизиологической классификации, профессий есть проблема статистического распознавания образов. Чтобы осуществить такое распознавание, необходимо иметь не только перечисление качеств или относительно элементарных психологических свойств, но и какие-то количественные характеристики.

Эти характеристики могут оцениваться в баллах. Например, эмоциональная напряженность, которую должен переносить летчик, отличается от напряженности, которая присуща работе чертежника. Для последнего это качество можно выразить 1 баллом, в то время как для летчика — 10 баллами. Тогда мы получим какое-то распределение качества по весам.

Далее стоит задача интеграции этих данных. Мы, конечно, должны свести множество качеств и их весов к какому-то обозримому количеству показателей. Но чтобы сделать такую работу для ряда профессий, нужно проводить очень большие исследования по накоплению массы психологической (мне кажется, предпочтительнее говорить психофизиологической) информации. С этой целью следует обратить внимание на следующее.

Как уже говорилось, сейчас инженерной психологией, изысканием путей повышения эффективности труда с учетом психологических закономерностей стали заниматься представители разных не антропологических профессий: инженеры, физики, администраторы, математики и т. д. Это хорошо, это естественный закон развития научной организации труда. Но если сейчас не принять меры, чтобы стандартизировать эти исследования и выбрать единый подход, мы можем вновь вернуться к хаосу, причем он будет более выражен, чем прежде, поскольку его будут создавать гораздо большие контингенты специалистов. Чтобы этого не произошло, видимо, в недалеком будущем по линии Комитета стандартизации, по линии ряда учреждений, работающих специально в области инженерной психологии, будут предложены какие-то рекомендации по единым подхо-

дам к построению приемов и методик исследований, а также терминологические стандарты.

Один из подходов заключается в том, что мы должны обязательно собирать всю первичную информацию так, чтобы она накапливалась и не терялась. По-видимому, прямой ввод в машину для многих учреждений будет недостаточно реальным, и нам придется использовать на первом этапе сбора первичной информации единые карты: но не просто бумажки-протоколы, а такие карты, где будет предложено стандартным образом записывать и кодировать психологическую, социометрическую, эргономическую и другую информации. Это карты с краевой перфорацией типа «К-4». На них можно записывать цифрами и словами все что угодно и закодировать.

Выступает
А. Н. Леонтьев

Мы начали с некоторого исторического введения. Позвольте мне теперь, в заключение, коснуться не прошлого инженерной психологии, а ее будущего. Какие тенденции намечаются сейчас в инженерной психологии?

В начале нашей беседы я уже говорил о том, что технический прогресс, успехи автоматизации изменили трудовые функции человека, которые стали все более переходить на психологический уровень — в план внутренних психических операций. Однако многие из этих операций оставались относительно простыми, выполняемыми по строгим правилам, многократно повторяющимися. Работа шла уже на психологическом уровне, но она состояла из выполнения, так сказать, «готовых» операций. Соответственно и в инженерной психологии наибольшее число исследований посвящалось не столько изучению самой деятельности операторов, сколько выяснению оптимальных для нее условий: форм шкал приборов индикации и сигнализации, их пространственному расположению и т. п. Творческим аспектам деятельности уделялось гораздо меньше внимания.

Последние годы это положение начало меняться. Сейчас в инженерной психологии стали гораздо больше заниматься творческими процессами. Дело в том, что успехи автоматизации позволяют все более перекладывать выполнение процессов, которые могут быть алгоритмизированы, на технические (в частности, вычислительные) устройства, сохраняя за человеком главным образом специально человеческие, т. е. творческие функции. Таким образом, если говорить о перспективных тенденциях в инженерной психологии, то первая из них заключается в относительном усилении развития исследований наиболее сложных процессов психической деятельности человека — того, что принципиально отличает возможности человека от возможностей машины.

В связи с этим возникает и еще одна тенденция, открывающая совершенно новые, на мой взгляд, перспективы. Если действительно представить себе, что все операции, для которых может быть составлена программа, будут все более передаваться автоматическим устройствам, а с другой стороны, все более выделяться те функции, которые я называл специально человеческими и которые единственно будут выполняться людьми, то это неизбежно вызовет изменение в самой методологии разработки проблемы «человек — машина». В то время как сейчас при разработке этой проблемы отправным пунктом является проектирование системы управления в составе прежде всего ее технических звеньев и человек вписывается в порядке технических звеньев, в перспективе это положение должно, вероятно, измениться. Отправным пунктом станет, по-видимому, человек и его задача; тогда все технические звенья системы («машина») будут разрабатываться как система обслуживающих его деятельность «искусственных органов». В этой — пусть пока еще отдаленной — перспективе в человеческом труде раскроется его действительная сущность как творческой преобразующей деятельности, а сам человек выступит как творец, повелитель машин.

**ИДЕТ ПОДПИСКА
НА 1968 ГОД!**

**Серия
научно-
популярных
брошюр**

**«МАТЕМАТИКА,
КИБЕРНЕТИКА»**

Индекс 70096

Рассказывает о важнейших проблемах современной математики и кибернетики, о том, как абстрактные математические формулы приобретают материальную силу, как математика позволяет разрешать самые разнообразные задачи в практической деятельности людей.

В 1968 году подписчики получают в числе других следующие брошюры:

Бонгард М. М., канд. техн. наук. **Современная теория узнавания.** **Канторович Л. В.**, акад. **Что такое оптимальное математическое программирование.** **Кунин П. Е.**, канд. техн. наук. **Кибернетика и медицинская диагностика.** **Ляпунов А. А.**, чл.-корр. АН СССР. **Математика и биология.** **Полетаев И. А.**, канд. техн. наук. **Математические модели кибернетики.** **Современные проблемы математики.** Сборник переводных статей. **Тихонов А. Н.**, акад. **Роль математики в развитии естествознания.**

Всего 12 брошюр в год средним объемом 48 стр. Подписная плата на 12 мес. — 1 руб. 08 коп.

В каталоге «Союзпечати» серия расположена в разделе «Научно-популярные журналы» под рубрикой «Брошюры издательства «Знание».

Издательство «Знание»