

Системы
М. де Монмоллен
**«Человек и
машина»**

Les systèmes
hommes — machines

Introduction à l'ergonomie
par

Maurice de Montmollin

Directeur à SEMA-Organisation

Presses Universitaires de France
Paris 1967

М. МОНМОЛЛЕН

Системы «Человек и машина»

Перевод с французского
Н. И. Андроновой

Под редакцией
проф. Д. А. Ошанина

Издательство «Мир» Москва 1973

В книге изложены инженерно-психологические и эргономические проблемы, связанные с трудовой деятельностью операторов в системах «человек и машина» и «человек и техническая среда». Автор — один из ведущих западноевропейских специалистов по научной организации труда. Отсюда изобилие в книге практических рекомендаций, направленных на улучшение условий и повышение производительности труда. Особое внимание в ней уделено «портативным» эргономическим методикам, применение которых поможет организовать работу специалистов непосредственно в условиях производства без чрезмерных материальных затрат.

Книга написана доступно и увлекательно. Ее с интересом прочтут специалисты по психологии, физиологии, биомеханике, гигиене труда и другим научным дисциплинам, связанным с эргономикой. Она может служить хорошим учебным пособием для студентов. Особую пользу она принесет научно-практическим работникам всех профилей, занятым вопросами научной организации труда.

Редакция литературы по новой технике

М. МОНМОЛЛЕН

Системы «человек и машина»

Редактор **Т. Б. МОИСЕЕВА** и **В. Н. ШЕМАНИНА**

Художник **А. М. Ясинский** Художественный редактор **Ю. С. Урманчеев**
Технический редактор **Н. А. Новлева** Корректор **А. Я. Шехтер**

Сдано в набор 6/IX-1972 г. Подписано к печати 19/1-1973 г.
Бумага № 2 84×108¹/₃₂=4 бум. л. 13,44 печ. л. Уч.-изд. 13,19
Изд. № 20/6738 Цена 91 коп. Зак. 3209

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР» Москва, 1-й Рижский пер., 2

Ордена Трудового Красного Знамени
Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова
Союзполиграфпрома при Государственном комитете
Совета Министров СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли
Москва, М-54, Валовая, 28

М $\frac{3314-151}{041(01)-73}$

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Время, истекшее после выхода в свет настоящей книги, ознаменовалось, наряду с дальнейшими эргономическими исследованиями и внедрением их результатов в практику предприятий и в военное дело, обсуждением некоторых основных для эргономики методологических проблем.

Воспользовавшись оказанной нам честью обратиться к советскому читателю, мы хотели бы высказать свое отношение к этому обсуждению.

Проблема критериев

На конференции, проведенной в 1969 г. в Амстердаме, был снова поднят весьма спорный вопрос о том, какие критерии следует признать основными для эргономики: физиологические или психологические. Резко противоположные позиции по данному вопросу заняли представители медицинских наук, к числу которых принадлежит большая часть специалистов по эргономике во Франции, и психологи, составляющие большинство таких специалистов в США.

Нам кажется, однако, что рассматриваемый вопрос поставлен неправомерно.

Эргономика занимается изучением труда с целью его рационализации. Соответственно об успешности или неуспешности трудового процесса в промышленности, в армии, в учреждениях можно судить лишь на основании критериев, выведенных из анализа самого процесса. Иными словами, эргономика должна выбирать свои критерии, исходя из «выходов» системы «человек и машина», а таковыми являются результаты (продукты) работы системы. В промышленности эти результаты дают, как правило, весьма ощутимый экономический эффект, поэтому вполне понятно, что эргономика ставит

своей конечной целью улучшение производства. Что касается медицинских, военных и других учреждений, то в них соображения экономического порядка играют не столь важную роль, но и в этом случае результативность системы в целом должна быть принята во внимание.

После того как критерии таким образом определены, эргономика приступает к детальному анализу данного вида труда или, иными словами, к изучению компонентов конкретной системы «человек и машина». В этой перспективе она подходит и к определению «человеческих факторов» как некоторой совокупности переменных, значимых с точки зрения повышения эффективности всей рассматриваемой системы в целом. Лишь после этого можно говорить о собственно физиологических или психологических факторах. Следует, однако, подчеркнуть, что выбор тех или иных факторов не может быть произвольным: он должен логически вытекать из самого анализа процесса труда. При этом в одних случаях (например, на шахтах) решающими окажутся физиологические факторы, в других (например, на технологических установках) — психологические. На деле оказалось, что в настоящее время психологические факторы приобрели значение основных, но это можно объяснить скорее спецификой развития современного промышленного производства.

Из сказанного ясно, почему мы также считаем, что было бы грубой ошибкой ограничивать эргономический анализ трудовых процессов одними лишь лабораторными методиками — физиологическими или психологическими. Эргономика не сводима ни к физиологии, ни к психологии труда. Используя данные разных наук о человеке, эргономика исходит, как особая научная дисциплина, из своих собственных требований.

В этом аспекте должна рассматриваться также и проблема внедрения в практику данных лабораторных исследований. Мы считаем, что анализ труда непосредственно на предприятии или в конструкторском бюро обязательно должен предшествовать лабораторно-экспериментальному этапу работы, который, впрочем, не всегда и необходим. Это позволило бы избежать многих

недоразумений, имевших место в недавней истории эргономики и инженерной психологии. Так, например, усилия, направленные на исследование средств индикации, оказались явно непропорциональными фактическим потребностям. По-видимому, переоценка значения этих исследований американскими специалистами была связана просто с тем, что они располагали соответствующими методиками и имели в своем распоряжении также многочисленные данные по экспериментальной психологии. Подобные случаи наблюдались и во Франции, где, например, успехи техники теленмерения сердечного ритма побудили физиологов-эргономистов заняться исследованием ручных операций, которые в действительности не вызывали никаких вопросов.

Наконец, выбор эргономических критериев на основе оценки эффективности системы «человек и машина» придает эргономике «наступательный» характер, которого ей так часто недостает (по крайней мере во Франции). Слишком часто, как нам кажется, эргономика довольствовалась «оборонительной» позицией, ограничиваясь исключительно защитой рабочего от несчастных случаев и созданием для него необходимого комфорта. Такое понимание задач эргономики нам представляется слишком пессимистичным. Безопасность рабочих и комфорт являются бесспорно необходимыми условиями и неизбежными ограничениями, присущими системам «человек и машина». Однако отношение между безопасностью рабочих и производительностью системы диалектично: нет высокой производительности там, где не обеспечена безопасность, но безопасность может быть обеспечена только в условиях достаточной производительности. Вторым из этих двух положений пренебрегать нельзя.

Будущее эргономики

Если исходить из реальных возможностей, то уровень развития эргономики к 1972 г. должен быть признан неудовлетворительным. В первую очередь это объясняется (на наш взгляд) известной «робостью» специалистов по эргономике. Все еще слишком часто эргономика остается

замкнутой в себе и не решается приступить к рассмотрению узловых проблем организации труда в современном обществе.

В каких направлениях следовало бы рекомендовать дальнейшее развитие эргономических исследований? Мы видим несколько таких направлений.

Первым из них является полное использование данных социальной психологии или, еще лучше, «психологии организаций» и исследование систем «человек — человек», роль которых не перестает возрастать.

Другим направлением могло бы быть перерастание эргономики в «общую технологию коммуникаций», которая охватывала бы всю совокупность вопросов, связанных с семантическим анализом, с проблемой межличностных отношений и с педагогикой.

Наконец, эргономика должна приступить к решению проблем, которые ей до сих пор оставались чуждыми, хотя использование ее методов применительно к ним могло бы привести к решающим успехам. Мы имеем в виду проблемы архитектуры, градостроительства, транспорта, медицинского обслуживания, а также, в более отдаленной перспективе, проблемы организации свободного времени и социальных культурных мероприятий.

М. Монмоллен

ПРЕДИСЛОВИЕ

Морис Монмоллен — один из ведущих западно-европейских специалистов в области научной организации труда, имеющий многолетний и плодотворный опыт научно-практической работы на промышленных предприятиях Франции. Неудивительно, что в его книгах сквозит забота познакомить читателя в первую очередь с такими достижениями науки, которые могут найти непосредственное применение при решении практических вопросов, связанных с улучшением условий труда на производстве.

Именно такова направленность настоящей книги, в которой последовательно рассматривается разнообразный круг вопросов, так или иначе связанных с оптимизацией трудовой деятельности операторов в системах «человек и машина» или, еще шире, в системах «человек и технический объект», «человек и техническая среда». Этим постоянным стремлением автора быть непосредственно полезным производству определяется основное значение его книги для советского читателя.

Всем содержанием своей книги Монмоллен призывает специалистов по эргономике к выполнению черновой, будничной работы организаторов производства. Это видно хотя бы уже из самого определения автором эргономики. «Эргономика, — пишет он, — это технология связей (коммуникаций) в системах «человек и машина», а «технология — это меньше, чем наука, и больше, чем техника». И в других местах книги он возвращается к утверждению, что специалист по эргономике является ученым в той же степени, в какой ученым является и инженер, и т. п.

Конечно, с определением эргономики как технологии можно соглашаться или не соглашаться. Бесспорно, однако, что как прикладная дисциплина эргономика действительно опирается на ряд наук — психологию,

физиологию и гигиену труда, инженерную психологию, биомеханику, техническую эстетику и др., и что в своей практической работе специалист по эргономике использует закономерности, изучаемые этими науками о труде.

Особенно ярко практическая направленность книги выступает в вопросе об эргономических критериях эффективности. Неоднократно возвращаясь к вопросу о критериях (в том числе и в предисловии к русскому изданию), автор решительно возражает против широко распространенной в Европе тенденции при оценке эффективности эргономических исследований ограничиваться лишь «отрицательными критериями», направленными на то, чтобы защитить рабочего от переутомления, предохранить его от несчастных случаев и т. д. Поступать так, говорит Монмоллен, значит отказаться от понимания эргономики как дисциплины, непосредственно способствующей повышению эффективности производства. Отрицательным критериям автор противопоставляет положительные критерии, «которые почти всегда должны выражаться через стойкость, поскольку целями промышленного предприятия (т. е. той системы, относительно которой обыкновенно и возникают вопросы эффективности) всегда являются экономические показатели. Речь идет всегда о поисках компромисса между конечной экономической целью и ограничениями, имеющими в конечном счете также экономический характер».

Крайность подобных высказываний очевидна. С производственной точки зрения автор по-своему прав, утверждая, что «утомление имеет цену, так же как и несчастные случаи и даже сама человеческая жизнь». Однако специалист по эргономике, призванный оптимизировать условия работы человека как субъекта труда, не имеет права забывать, что критерии, называемые автором отрицательными, являются критериями *совершенно особого плана*. Требования, связанные с охраной здоровья и работоспособности рабочих и тем более с их личной безопасностью, не могут быть поставлены в один ряд с прочими факторами, непосредственно влияющими на производительность труда.

Но подчеркнув это, нельзя не согласиться с автором,

что эргономика как технология связей в системах «человек и машина» служит в конечном счете тем, кто фактически отвечает за производительность этих систем. Поэтому, «независимо от того, состоят ли они в штате предприятия или нет, специалисты по эргономике должны доказать эффективность своего вмешательства в производство и так или иначе выразить ее в деньгах».

Монмоллен — отличный знаток современных эргономических исследований, ведущихся в странах Западной Европы и Америки, и его книга, относительно небольшая по объему, фактически представляет собой достаточно полный и великолепно выполненный обзор этих исследований. Значительная часть аннотируемых автором работ все еще недостаточно известна советскому читателю, так что книга Монмоллена и в этом отношении может послужить единственным в своем роде и незаменимым пособием.

При выборе рассматриваемых работ автор также руководствуется в первую очередь соображениями практического порядка, стремясь вооружить необходимыми знаниями людей, занятых на промышленных предприятиях сложными и разнообразными вопросами научной организации труда.

Отсюда, например, большое внимание, уделяемое автором эргономическим методикам. Речь идет не столько об исследовательских методах (хотя и о них читатель сможет почерпнуть для себя в книге немало полезных сведений), сколько о методиках достаточно простых и «портативных», которые могут найти широкое применение в эргономической практике непосредственно в условиях производства и к тому же не требуют значительной затраты материальных средств.

Очень много интересного и поучительного содержат разделы книги, посвященные вопросу о применении в эргономической практике различных видов моделей, над которыми производятся операции и с помощью которых находят искомые решения и намечаются пути усовершенствования объекта. Эти операции над моделями и составляют то, что автор называет словом «моделирование». Моделирование изучаемых технических систем в его понимании является необходимым этапом

в процессе их реального преобразования. «При изучении систем,— пишет автор,— моделирование выполняет ту же функцию, что и экспериментирование при изучении рабочих мест».

Значительно менее полно, чем работы зарубежных исследователей, в книге освещены советские работы по рассматриваемым проблемам. В ней совсем не находят отражения, например, многочисленные и плодотворные инженерно-психологические исследования, ведущиеся под руководством Б. Ф. Ломова, А. Н. Леонтьева, В. П. Зинченко, В. Ф. Венды и многих других, а также советские работы по психологии труда (Е. А. Климов, Е. А. Милерян, В. Г. Асеев и др.), по физиологии труда (М. И. Виноградов, З. М. Золина, К. С. Точилор и др.) и т. д.

Нельзя согласиться с утверждением автора, что стремительное развитие эргономических исследований в нашей стране объясняется (пусть даже отчасти) отсутствием у нас «психотехнических традиций в области прикладной психологии». Известно, что психотехническое направление получило широкое распространение в нашей стране в 20—30-х годах, и советские психологи играли руководящую роль в центральных органах Международной ассоциации по психотехнике. Дело, следовательно, не в отсутствии психотехнических традиций, а в том, что развитие советской психологии на научной основе марксизма-ленинизма позволило нам преодолеть раньше других пагубное влияние типичного для психотехники тестологического операционализма.

Необоснованным нам представляется также противопоставление павловских традиций кибернетическому и собственно экспериментально-психологическому подходу («западного типа»,— пишет автор), характеризующему, по его мнению, советские работы в области эргономики. Ни общий теоретико-кибернетический подход к трактовке комплексных систем «человек и машина» и «человек и автомат» или к описанию процессов обмена информацией, совершающегося между машинным и человеческим звеньями, ни, тем более, экспериментально-психологическое исследование особенностей отражения человеком информации, поступающей от машин, не исключают

использования павловских методик изучения высшей нервной деятельности во всех тех случаях, когда этого требует конкретная специфика стоящих перед исследователем задач. Чтобы в этом убедиться, достаточно вспомнить советские работы по изучению надежности, профессиональной готовности операторов, индивидуального стиля их работы, стрессовых состояний и т. д. (работы В. Д. Небылицына, К. М. Гуревича, В. С. Мерлина, Е. А. Климова, В. В. Суворовой и др.).

Приступая к чтению книги М. Монмоллена, полезно с самого начала уточнить тот смысл, который автор вкладывает в некоторые фундаментальные понятия инженерной психологии.

Мы уже видели, что для него эргономика — технология связей в системах «человек и машина». При этом «система» понимается как «целенаправленная совокупность взаимодействующих переменных». Отсюда система «человек и машина» определяется автором книги как «такая целенаправленная совокупность взаимодействующих переменных, по крайней мере одним из элементов которой является человек».

Все системы «человек и машина» распадаются в представлении автора на два основных класса: системы «один человек — одна машина» и системы «группа людей — группа машин». Первый класс систем автор охотно называет «рабочими местами», а второй — просто «системами» или «системами в собственном смысле слова». Второй класс систем иерархически надстроен над первым. «Рабочее место» представляет собой «упрощенный случай» системы в собственном смысле слова, которая в свою очередь может рассматриваться как совокупность более элементарных систем — рабочих мест. Исходя из этого деления систем, автор различает и два основных раздела эргономики: «эргономику рабочего места» и «эргономику систем».

Данная классификация удобна с точки зрения систематизации обширного и разнообразного материала, которым автору приходится оперировать, и диктуется в первую очередь, очевидно, опять-таки соображениями практического порядка. Правда, при ближайшем рассмотрении выделенные таким образом классы систем

оказываются весьма неоднородными. Приравнивание системы «один человек — одна машина» к любому рабочему месту ведет к непропорциональному расширению значения понятия система «человек и машина», которая обычно в инженерной психологии характеризуется информационным процессом, совершающимся между субъектом и объектом управления, т. е. между человеческим и машинным звеном. Соответственно расширяется и объем понятия «оператор». Если для нас представление об операторе связано с понятием оперативного управления процессами, причем главным образом в автоматизированных системах управления, для автора оператором становится любой рабочий и даже любой служащий на любом рабочем месте.

Проблемы эргономики лежат на стыке ряда научных дисциплин, в их разработке участвуют представители различных специальностей. Терминология эргономики не устоялась. По ходу накопления и обсуждения фактического материала намечается немало различных точек зрения, подходов, направлений, может быть и целых школ. В этих условиях сведение эргономических данных в единую стройную систему понятий представляет собой задачу далеко не легкую. К чести Монмоллена надо сказать, что он с этой задачей справился очень хорошо, его книга написана интересно и доступно и, несомненно, будет благожелательно встречена самым широким кругом советских читателей. Ее с пользой для себя прочтут психологи, физиологи и представители других наук, имеющих то или иное отношение к проблемам эргономики, а для научно-практических работников всех профилей, занятых вопросами научной организации труда на производстве, она по праву должна стать незаменимым руководством.

Д. А. Ошанин

Эргономика и системы „человек и машина“

1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Общепринятого определения эргономики не существует, поэтому мы вправе предложить следующее определение: *эргономика — это технология связей в системах «человек и машина».*

Технология — это меньше, чем наука, и больше, чем техника. Согласно техническому словарю Чамберса, технология — это практика, описание и терминология всех или части прикладных наук, имеющих коммерческое значение. Но оставим пока коммерческое значение в стороне и согласимся, что эргономика объединяет в себе науку и технические методы. Речь идет о таких науках, как психология, физиология, математика, и о таких технических методах, как, например, анализ труда. Из первого аспекта определения следуют два вывода. Первый заключается в том, что эргономика имеет междисциплинарный характер: ее нельзя назвать ветвью психологии, физиологии или какой-либо другой отдельно взятой науки о труде. Второй вывод состоит в том, что эргономика носит «прикладной» характер, ее цель — не только изучение, но и усовершенствование систем «человек и машина», это не эргология.

Эргономика есть технология связей в системах «человек и машина, или», точнее, технология факторов, характеризующих взаимодействие между человеком и машинами. Последние нами трактуются очень широко, с включенным сюда и станков, и различной аппаратуры, и инструкций, и правил, и реестров и т. д. И наконец, под всяким человеком, являющимся составной частью той или иной системы, мы подразумеваем и всех остальных людей, обслуживающих вместе с ним эту систему. Связи (коммуникации) осуществляются через сигналы и ответы на эти сигналы. Поскольку групповая деятельность человека сводится к его связям с «машиной», эргономика может быть определена как исследование трудовой деятельности с целью ее улучшения. Об этом же говорит и этимология данного термина (ἔργον — работа, νόμος — закон).

Мы говорим, что эргономика — технология связей в системах «человек и машина». Поясним это определение.

Под термином «система» понимаем целесообразную совокупность взаимодействующих переменных. «Понятие системы... включает понятие цели или предназначения, а также понятие взаимодействия и связи между компонентами или частями» [73]¹. В первую очередь систему определяет цель, и именно в этом смысле следует понимать определение Эшби: «Система есть перечень переменных, которые должны быть приняты в расчет». Следовательно, система лишь в исключительных случаях представляет собой физический объект с хорошо определенными очертаниями. Сколько целей, столько и систем могут наслаиваться, перекрываться, иерархически над-

¹ «Система есть некоторая совокупность взаимосвязанных объектов и их взаимосвязанных особенностей» [The definition of System, *Yearbook for the Advancement of General Systems Theory* (1956).] Сравним определение системы в теории информации: «Система есть упорядоченная совокупность, обеспечивающая прием, передачу, запоминание, переработку и распространение информации при помощи материальных средств и соответствующих методов».

Исследование систем в таких науках, как биология или социология, было сделано Берталанффи и нашло отражение в «общей теории систем». Берталанффи ввел важное понятие «разомкнутой системы» (гл. 6).

страиваться одна над другой. Например, система, предназначенная для скоростной перевозки пассажиров из Парижа в Рим, состоит из самолета, его экипажа, двух аэропортов с оборудованием... Одну из подсистем образует бортовой радиолокатор и его оператор. Цель ее — предохранить самолет от нежелательных атмосферных явлений. Общая система частично состоит из совокупности установок, позволяющих достичь аэропорта в Риме и произвести посадку не только самолета, прибывшего из Парижа, но и любого другого самолета. Эта система в свою очередь является частью более общей системы — европейской сети воздушных линий, преследующей социальные и экономические цели, и т. д.¹

Эргономика занимается изучением систем *«человек и машина»*, т. е. систем, по крайней мере одним из элементов которых является человек-оператор. Именно к таким системам в настоящее время относится большинство систем промышленного или военного характера.

«Система «человек и машина» представляет собой организацию, составными частями которой являются люди и машины, работающие вместе для достижения общей цели и связанные друг с другом сетью коммуникаций» [73].

Или еще одно определение: «Систему «человек и машина» можно определить как оперативное сочетание одного или нескольких человек с одной или несколькими машинами, взаимодействующими с целью получения определенных результатов, исходя из входных данных и с учетом ограничений, вытекающих из особенностей окружающей среды» [94].

Следовательно, термин *система «человек и машина»* относится как к системе «один человек — одна машина», например система «машинистка — рукопись — пишущая машинка», так и к системе «группа людей — группа машин», примером которой может служить совокупность оператора и обслуживаемого им прокатного стана. Различение между простым рабочим местом и сложной системой имеет большое значение, и мы к нему вернемся в гл. 3 настоящей книги.

¹ Методы исследования системы рассмотрены в работе [64].

При рассмотрении системы «человек и машина» основное внимание следует уделять взаимодействию людей и машин. Эргономику не интересуют ни человек, ни машина как таковые. Она не является разделом ни антропологии, ни технических дисциплин. Именно в этом и заключаются ее своеобразие и эффективность. Такое понимание эргономики сложилось в результате исторического развития науки о трудовой деятельности, представители которой видели свою основную задачу сначала в исследовании машин, затем в исследовании работающего человека и наконец с появлением эргономики в исследовании систем.

Советские специалисты по эргономике к настоящему времени опубликовали много теоретических исследований, посвященных проблеме взаимоотношений человека и машины как звеньев единой системы. Так, Д. А. Ошанин и др. утверждают: «В ходе изучения системы «человек и автомат» необходимо уберечься от соскальзывания на одну из двух противоположных, но одинаково порочных идеологических позиций: позицию *антропоморфизма*, выражающегося в попытках некритического, нерационального копирования психологических функций человека при проектировании автоматических устройств; позицию *механицизма*, заключающегося в игнорировании специфических особенностей работы живого организма, в частности человека, и в тенденции рассматривать оператора в системах управления как неодоушевленный механизм».

Комментируя последствия автоматизации, характерные для современной трудовой деятельности человека, Д. А. Ошанин в своем теоретическом исследовании, опубликованном в 1962 г. на французском языке, подчеркивает, что действительно важным аспектом этого нового этапа технического прогресса является чрезвычайное сближение функций человека и машины и их теснейшее переплетение в трудовом процессе. Именно этот факт и заставляет нас говорить о системе «человек и машина» или, точнее, «человек и автомат».

Таково наше краткое определение эргономики. Само собой разумеется, что несколько более развернутое определение этой дисциплины автор стремится дать всей своей

книгой. Уточним еще, что термин «эргономика» употребляется в европейских странах, в том числе и в Великобритании. В США этому термину лучше всего соответствуют выражения «человеческие факторы» (human factors), «учет человеческих факторов в технике» (human factors engineering), «инженерная психология» (engineering psychology) и «проектирование человеко-машинных систем» (man-machine engineering) [28—31]. В социалистических странах приняты термины «эргономика» и «инженерная психология».

2. ИСТОРИЯ И ГЕОГРАФИЯ

2.1. ОТ РУЧНОГО ИНСТРУМЕНТА К СИСТЕМЕ

Эргономика лишь недавно оформилась как самостоятельная дисциплина. Однако люди всегда стремились усовершенствовать свою трудовую деятельность. Различают три исторических этапа в исследованиях трудовой деятельности [23]. Очень долго — почти до начала XX в. — в центре внимания исследований были машины: сначала ручной инструмент и оружие, затем машины в собственном смысле этого слова (станки, механизмы, транспортные средства и т. д.). Человек более или менее приспосабливался к этим машинам, а период освоения их был, как правило, весьма продолжительным. Поэтому основная задача исследователей заключалась в поисках методов профессионального отбора и обучения кадров, которые соответствовали бы особенностям машин.

Чем больше с усложнением машин возрастала их стоимость и чем больше в связи с этим на первый план выдвигалось требование их рентабельности, тем более очевидным становилось значение ошибок, допускаемых человеком в процессах труда.

Если единственная ошибка летчика может привести к гибели самолета миллионной стоимости, то неизбежно возникает вопрос о том, как можно помочь человеку в пользовании машиной. Осознание роли человека заставляет приступить к новому этапу исследований, в центре которых стоит человек. Это то, что в англо-американской

литературе называется human engineering, и чему во французском языке соответствует понятие «l'adaptation de la machine à l'homme» (приспособление машины к человеку). Основная задача, занимавшая в то время специалистов по труду, заключалась в таких изменениях машин, которые осуществлялись бы с учетом особенностей работающего человека и, в первую очередь, собственных ему ограничений.

И наконец, лишь недавно, к концу пятидесятих годов, исследователи пришли к выводу, который в настоящее время представляется очевидным: основным объектом исследований, направленных на улучшение условий труда, должна быть сама система «человек и машина». При этом в равной мере должны учитываться характеристики как человека, так и машины. Усилия же должны быть направлены на то, чтобы, исходя из требования максимальной производительности системы в целом, приспособить их друг к другу.

Конечно, данная здесь историческая справка об изменении перспектив исследований весьма схематична. Еще и теперь довольно многие эргономические исследования проводятся на уровне приспособления машины к человеку (human engineering). Это и оправдано, поскольку системы «один человек — одна машина», т. е. изолированные рабочие места, еще далеки от совершенства с точки зрения их приспособленности к возможностям человека-оператора. Однако можно согласиться с Фавержем, что основные проблемы относятся в настоящее время и будут относиться не к эргономике рабочего места и той информации, которую человек получает от машины, а к системам — сложным «организмам», в которых действуют механизмы регулирования и самоорганизации. Мы вернемся к этому положению в гл. 7.

2.2. ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЭРГОНОМИКИ В РАЗНЫХ СТРАНАХ

Эргономика развивалась в США и в странах Западной и Восточной Европы по-разному.

А. Эргономика в США. Хотя термин «эргономика» и не применяется в США, эта наука возникла в годы вто-

рой мировой войны именно там. Решающую роль при этом сыграл интерес армии, авиации и флота к вопросам психологии.

До тех пор «прикладная психология», как ее тогда называли, занималась в основном отбором кадров и тестами. Обращение с новой военной техникой (особенно с самолетами и радиолокаторами) настолько усложнилось, что отбор кадров уже стал неэффективным, а обучение — слишком продолжительным. В этих условиях ученые занялись самой военной техникой, стараясь приспособить ее к характеристикам человека-оператора. Это был период *human engineering*, который продолжается еще и в настоящее время, особенно при исследованиях оборудования кабин космических кораблей. Однако постепенно наиболее передовые группы ученых переключились на непосредственное исследование систем, а с шестидесятых годов начинается период обобщений в этой области (истории эргономики в США посвящены работы [27] и [76]).

В настоящее время проблемы инженерной психологии и учета человеческих факторов в технике занимают видное место среди исследований американских ученых. Инженерно-психологические исследовательские центры часто находятся при крупных университетах и ведут договорные работы по вопросам военного дела и освоения космоса. В 1962 г. насчитывалось около 1300 ученых, посвятивших свою деятельность эргономике. По-видимому, в настоящее время эта цифра не превзойдена. Этот «потолок» может быть объяснен как стремительным развитием инженерной психологии на предшествующем этапе, так и трудностью перехода от учета человеческих факторов в технике, ставшего уже вчерашним днем науки, к исследованию системы «человек и машина», не ставшему еще по-настоящему ее сегодняшним днем.

Одной из характерных черт американской эргономики является преобладание в ней психологии. (На это указывает и сам термин «инженерная психология».) И действительно, наибольшее число статей, посвященных проблемам эргономики, публикуется в психологических журналах.

Б. Эргономика в Западной Европе. Термин эргономика (ergonomics) был принят в сентябре 1949 г. в Оксфорде. Великобритания может рассматриваться как родина эргономики в Европе еще и потому, что специалисты по эргономике появились там на несколько лет раньше, чем в континентальной Европе. Если судить по работам, опубликованным в лондонском журнале «Ergonomics», то Общество по эргономическим исследованиям (Ergonomics Research Society) объединяет психологов, врачей и инженеров, занимающихся эргономикой в основном на уровне приспособления машины к человеку. В то же время группа профессора Кроссмана, которой мы обязаны появлением ряда выдающихся работ, посвященных анализу систем, почти целиком перебазировалась в Калифорнию.

Специалисты по эргономике из стран французского языка объединились еще в 1963 г. в Общество эргономистов (Société d'Ergonomie de Langue Française), уже организовавшее ряд съездов. В отличие от американцев и в меньшей степени от англичан специалисты по эргономике этих стран редко являются психологами. Во Франции эргономику часто рассматривают как область исследования нескольких физиологов и врачей, работающих в университетских лабораториях. Важное исключение составляют широко известные как во Франции, так и за рубежом работы Лепла и его сотрудников, выполнявшиеся сначала в Министерстве труда, а в настоящее время в Высшей практической школе (École Pratique des Hautes Études).

Вопросами эргономики занимается несколько лабораторий французской армии. В системе ВМФ работает Тулонский исследовательский центр прикладной психологии [Centre d'Études et de Recherches de Psychologie Appliquée (С.Е.Р.Р.А.)]; в ВВС — Версальский исследовательский и учебный психологический центр (С.Е.І.Р.А.А.) и Парижский исследовательский центр авиационной медицины (С.Е.Р.М.А.). Отделение систем «человек и машина» (Division Couplage Homme-Machine) при Управлении исследованиями и средствами испытаний [Direction des Recherches et Moyens d'Essais (D.R.M.E.)] занимается организацией научных исследований. В 1964 г.

военным ведомством были проведены Дни эргономики, отчет о которых опубликован в специальном номере «La Revue du Corps de Santé des Armées» (1965).

В Бельгии и далеко за ее пределами первое место в области эргономики занимают работы Фавержа и сотрудников из Лаборатории психологии Брюссельского университета (к этим работам мы будем в дальнейшем постоянно обращаться). Напомним, что уже в 1955 г. профессор Фаверж опубликовал в соавторстве с доктором Омбреданом работу «Анализ труда» («L'analyse du travail»), оказавшую существенное влияние на становление эргономики в странах французского языка. В 1958 г. вышел в свет первый труд на французском языке «Приспособление машины к человеку», всецело посвященный проблемам эргономики [51], к которому мы также будем неоднократно обращаться. В настоящее время Фаверж занимается проблемами, посвященными исследованию процессов регулирования, совершающихся в системах. Хотя Брюссельский университет является единственным европейским университетом, в котором преподавание эргономики ведется систематически, едва ли в Европе найдется хоть один университет, где бы не читались курсы, посвященные тому или иному аспекту эргономики (во Франции, например, можно назвать Институт психологии Парижского университета)¹.

В ФРГ эргономика почти неизвестна или отождествляется с физиологией труда.

В общеевропейском масштабе Исследовательский центр угля и стали координирует научные исследования по эргономике в угольной и стальной промышленности.

В апреле 1959 г. была создана Международная эргономическая ассоциация, фактически являющаяся европейской ассоциацией, основная деятельность которой направлена на организацию конгрессов (Стокгольм, 1961; Дортмунд, 1964; Бирмингем, 1967).

В. Эргономика в СССР и социалистических странах. В восточноевропейских странах эргономика начала развиваться хотя и поздно, но очень стремительно. В настоя-

¹ В СССР курсы инженерной психологии, психологии труда и эргономики читаются в МГУ, ЛГУ, Тбилиском и других университетах.— *Прим. ред.*

щее время уровень ее развития, по-видимому, соответствует американскому уровню, по крайней мере в качественном отношении. Фактором, способствующим развитию эргономики в этих странах, были по всей вероятности отсутствие «психотехнической» традиции в области прикладной психологии, а также высокая степень автоматизации промышленного производства. Любопытно, что павловские традиции не играли, по-видимому, значительной роли в эргономических исследованиях. Советские специалисты по эргономике являются скорее психологами — экспериментаторами «западного» направления, чем психологами — специалистами по условным рефлексам, и чаще опираются на работы по кибернетике, чем на работы по неврологии¹. Основным для них является, как мы уже видели, понятие системы «человек и машина» или, конкретнее, «человек и автомат».

На Всесоюзном съезде общества психологов СССР в 1963 г. 16% сообщений было посвящено эргономике. В 1964 г. в Ленинграде была проведена первая конференция по проблемам инженерной психологии, на которой было заслушано 120 докладов психологов, математиков, инженеров и физиологов [120].

Некоторые данные о состоянии эргономики в социалистических странах содержатся в приложении «Документация по эргономике». В целях преодоления терминологических трудностей была бы желательна организация в будущем встречи специалистов по эргономике из разных стран.

3. НЕКОТОРЫЕ РАЗГРАНИЧЕНИЯ

Эргономика не является совершенно однородной наукой. Различные аспекты ее можно выделить и определенным образом объединить. Определение эргономики в целом станет более исчерпывающим, если рассмотреть эти отдельные аспекты.

¹ Формулированные автором альтернативы не совсем верно отражают методологические основы советской инженерной психологии и эргономики (см. работы Б. Ф. Ломова, А. Н. Леонтьева, В. П. Зинченко и др.). Об ошибочности отнесения советских психологов к экспериментаторам «западного» (т. е. бихевиористского) направления уже говорилось в нашем предисловии. — *Прим. ред.*

3.1. СИСТЕМА «ЧЕЛОВЕК И МАШИНА» И СИСТЕМА «ГРУППА ЛЮДЕЙ — ГРУППА МАШИН»

Различение этих двух видов систем легло в основу плана настоящей книги. Оно соответствует различным практическим проблемам и различным методам исследования.

Система «человек и машина» представляет собой рабочее место: один человек + одна машина. Токарь, летчик, телефонистка, дантист и т. д.— традиционные примеры такой системы. Эргономические проблемы, связанные с рабочим местом, всегда относятся к двум элементам пары человек + машина. Хотя выделение этой пары из окружения и является произвольным, оно методологически необходимо. Мы увидим, что при анализе рабочего места обычно используются модели типа S—O—R: стимул — организм — реакция. При этом важен анализ центрального звена, поскольку специалист по эргономике воздействует на систему, изменяя именно человеческий организм или приспособлявая к нему машину.

Система «группа людей и группа машин» — это система, представляющая собой совокупность нескольких взаимодействующих элементов: людей и машин. Примеры такой системы могут быть самые разнообразные: пункт управления полетами вместе с находящимися под его контролем самолетами; корабль с обслуживающим его персоналом; бумагоделательная машина с рабочими, управляющими ею и осуществляющими уход за ней; операционная вместе с больным, хирургом, его ассистентами и аппаратурой. Эргономические проблемы, относящиеся к сложным системам, включают большое количество переменных, влияние которых на систему не может быть исследовано в отдельности. Для анализа таких систем обычно используются модели типа S—R (стимул — реакция). Человек-оператор рассматривается здесь как звено системы («черный ящик») и не подлежит как таковой ни анализу, ни преобразованию. Задачи эргономики в данном случае сводятся к *взаимосогласованию* различных элементов системы.

На практике два подхода к изучению системы «человек и машина» не всегда резко разграничиваются. Суще-

ствуют промежуточные ситуации, которые требуют как одного, так и другого подхода. Некоторые авторы [98] предлагают три термина: «человек — рабочий инструмент», «человек — машина» и система «человек — машина». Но так или иначе, речь идет в конечном счете об иерархии систем: система «группа людей — группа машин» всегда может быть разложена на отдельные рабочие места, каждое из которых может в свою очередь рассматриваться как упрощенный вариант системы. Полагаем, однако, что указанное различие необходимо методологически. Оно позволяет, приступая к исследованию, установить с самого начала различные уровни организации, к которым относятся проблемы, встающие в связи с тем или иным исследованием, и систематизировать эти проблемы. Там, где это можно, необходимо начинать с эргономики систем «группа людей — группа машин», а затем переходить к эргономике рабочего места. В противном случае исследователь рискует обнаружить, что, пока он в течение длительного времени изучал некоторое рабочее место, технологический прогресс или другие причины привели к упразднению этого места. В данной связи можно привести пример исследователя, который, желая облегчить физическую нагрузку на мышечную систему водителя грузового автомобиля, терпеливо изучал оптимальную форму и наклон руля и завершил свое исследование одновременно с инженерами, которые разработали систему усиления рулевого механизма и тем самым перечеркнули все труды исследователя. Во избежание подобных случаев исследование всегда целесообразно начинать с рассмотрения системы наиболее широкого класса.

3.2. ДРУГИЕ РАЗГРАНИЧЕНИЯ

Кроме разграничения рабочего места и сложной системы, необходимо сделать и некоторые другие разграничения, которые в отдельных случаях также могут облегчить решение эргономических проблем.

А. Превентивная и коррективная эргономика. О превентивной эргономике говорят в тех случаях, когда изучаемая система в действительности еще не существует.

Это эргономика на стадии проектирования¹. Естественно, что исследование наиболее эффективно именно на этой стадии, а не на стадии коррективной эргономики, имеющей дело с уже реализованными системами. Правда, такое исследование является и наиболее трудным, поскольку в данном случае анализ трудовой деятельности остается абстрактным и не может осуществляться с учетом совершаемых оператором ошибок.

Коррективная эргономика часто (и даже слишком часто) ограничивается областью промышленной эргономики; область же применения превентивной эргономики — исключительно исследование военных и космических систем.

Б. Эргономика продукта и эргономика производства. В подавляющем большинстве случаев специалисты по эргономике работают в сфере производства в широком смысле этого слова (включая транспорт и военные действия). Эргономика же продукта, являющаяся всегда эргономикой рабочего места, имеет дело главным образом с рабочим инструментом, сиденьями, средствами перевозки (автомобилем) и т. д. Правда, данное различие довольно искусственно, так как оно не затрагивает методов исследования. Для эргономики продукта характерно, что возможности воздействия на потребителя, с которым ей приходится иметь дело, весьма ограничены и исчерпываются разного рода описаниями способов употребления продукта, которые в данной связи и следует подробнее изучать.

В. Лабораторная эргономика и эргономика на производстве. Нельзя отрицать, что в процессе эргономического вмешательства фаза экспериментирования и фаза внедрения носят различный характер. При этом бывает трудно привести в соответствие лабораторные переменные и переменные, характеризующие само рабочее место или саму систему [116].

Однако было бы неправильно говорить о несовместимости по существу этих двух форм исследования. В дей-

¹ Термину «превентивная эргономика» соответствует термин «проективная эргономика», введенный В. П. Зинченко и В. М. Муниповым.— *Прим. ред.*

ствительности не существует двух видов специалистов по эргономике, а именно: специалистов лабораторного профиля, не желающих иметь дело с реальными проблемами, и узких практиков, ограничивающих поле своей деятельности только рабочей площадкой без строгой постановки экспериментов. Следовательно, можно утверждать, что в данном случае имеет место ложное противопоставление. Эргономика всегда направлена на оптимизацию конкретного трудового процесса. Поэтому мы ее и определили как технологию. Это означает, что эргономическое исследование должно складываться из нескольких последовательных фаз (гл. 2). Первая фаза — анализ трудового процесса. В большинстве случаев этот анализ осуществляется непосредственно на производстве, хотя иногда трудовой процесс может быть воспроизведен также и в лабораторных условиях (если объектом исследования является рабочее место). Затем идет фаза экспериментирования, на которой исследование рабочего места в лаборатории становится практически необходимым, хотя при исследовании систем лабораторные методы и на этой фазе иногда остаются неприемлемыми. Третья фаза — фаза апробации, на которой работа в производственных условиях не может быть ничем заменена. Единственным существенным для всех трех фаз является различие методов точных и неточных.

К несчастью, ложное противопоставление «практиков» и «исследователей», не имеющее никакого смысла в эргономике, бытует в жизни. Возможно, оно связано (во всяком случае, во Франции) с противопоставлением специалистов по эргономике, работающих в общественном и частном секторах.

4. ГРАНИЦЫ ЭРГОНОМИКИ

Находясь на стыке нескольких научных направлений, эргономика занимает область, границы которой не всегда ясно очерчены. Впрочем, это неважно; ведь известно, что прогресс осуществляется именно в пограничных областях. Но чтобы покончить с определениями и уяснить некоторые тенденции эргономики, полезно сравнить ее с уже известными читателю близкими ей науками о тру-

де. Отдельный раздел будет посвящен взаимосвязи эргономики и психологии.

А. Эргономика и физиология труда. Физиология труда является, по-видимому, традиционно французской дисциплиной. Именно этим и объясняется тот факт, что эргономика нашла для себя во Франции благоприятную почву. Правда, иногда происходит путаница между самими «корнями» (из которых выросло «растение» — эргономика) и «растением» в целом. Как показывает само название науки, физиология труда имеет дело с чисто физиологическими аспектами поведения человека на рабочем месте. Разумеется, изучение реакции организма человека-оператора входит в задачи эргономики, но, как мы увидим далее, имеет для нее лишь второстепенное значение. Наиболее существенную часть связей между человеком и машинами составляет в условиях современной трудовой деятельности символическая информация.

Иногда смешивают физиологию и физиологию труда. Между тем, изучить, например, механизм работы мышц еще совершенно недостаточно, чтобы изучить труд, если придавать этому последнему слову сколько-нибудь точный смысл. Нужно, кроме того, чтобы этот механизм был использован для достижения четко определенной цели. Именно это и позволит сопоставить механизм с некоторым критерием эффективности.

Б. Эргономика и гигиена труда. Из-за особенностей своего законодательства Франция, по-видимому, является одной из немногих стран, в которых ставится вопрос о разграничении эргономики и гигиены труда. В задачи заводского врача входит обеспечить приспособленность человека к его работе. Врач может стать специалистом по эргономике при том условии, если он будет изучать трудовой процесс, т. е. системы «человек и машина», а не ограничится лишь периодической проверкой состояния здоровья рабочего. Для этого необходимо также, чтобы врач, не ограничиваясь только защитой рабочих от несчастных случаев и предотвращением переутомления, активно содействовал улучшению производительности систем (работы Жарри и др.).

В. Эргономика и нормирование труда. Вопросы нормирования труда могут больше всего способствовать

развитию эргономических исследований на производстве. Мы считаем, что это верно по крайней мере в отношении промышленной эргономики в отличие от эргономики военной. Однако для этого необходимо, чтобы нормировщики труда на предприятиях не ограничивались хронометрированием производственных операций. Хронометрирование, как и вытекающие из него методы (стандарты времени и т. п.), еще долгое время останутся незаменимыми, но возможности их применения ограничиваются с каждым днем. Отделы труда и заработной платы («Bureau des Méthodes») обязаны заниматься всеми аспектами труда и прежде всего новыми видами производственных операций, появившихся в результате технического прогресса и автоматизации производства: функциями наблюдения и контроля, а также некоторыми административными функциями. Исследование всей совокупности характеристик современных видов трудовой деятельности человека с целью ее усовершенствования — такова обширная перспектива эргономики. Вот почему мы выражаем пожелание, чтобы завтрашние специалисты по технологическому нормированию труда были вместе с тем и специалистами по эргономике, и наоборот.

Г. Эргономика и системотехника. Изучение систем «человек и машина» можно рассматривать как часть более широкого исследования — изучения научно-технического направления — системотехники. В сравнении с такой обширной системой, как завод, предприятие, социальная группа, система «человек и машина» является лишь абстракцией. Эргономика не претендует на исчерпывающий анализ трудовой деятельности. Она ведет к изучению систем «человек — человек», т. е. к социальной психологии, социологии, экономике, политике. Эргономическое исследование всегда должно опираться на данные всех этих дисциплин, не замыкаясь в рамках собственно эргономических методов. Так, в области промышленности оно должно проводиться с учетом конкретных структурных и организационных форм, действительного соотношения сил. Об этом расширении сферы эргонометрического исследования пишет Фаверж, ставя по-новому вопрос о функциях регулирования и предвидения.

5. ЭРГОНОМИКА И ПСИХОЛОГИЯ

Настоящая работа публикуется в серии «Психолог». Это отчасти оправдано. Эргономика, особенно американская, происходит от работ по психологии, а специалисты по эргономике часто являются психологами. Однако, хотя эргономика и использует широко психологию, она все же не психология. Психология — это наука, а эргономика — технология.

В этом отношении следует устранить некоторые неясности. Специалист по эргономике использует прежде всего *экспериментальную психологию*. Именно из экспериментальной психологии он заимствует свои основные методы, равно как и часть своих исходных данных. Конечно, реальная деятельность человека всегда сложнее любой экспериментальной ситуации. В ней трудно четко выделить и исследовать отдельные переменные. Однако «искусственный», «сконструированный» характер многих систем «человек и машина» уподобляет их лабораторно-экспериментальным ситуациям, тем самым облегчая анализ этих систем. Без возможности экспериментирования, без статистического аппарата и операторных моделей эргономика была бы безоружной.

Социальная психология, как экспериментальная, так и чисто описательная, будет приобретать все большее значение для эргономики по мере того, как в трудовых процессах все больше будет возрастать роль отношений «человек — человек».

Можно ли рассматривать эргономику как продолжение *индустриальной психологии*? Последним термином обозначают совокупность довольно разнородных дисциплин. Психотехника, развившаяся на основе дифференциальной психологии, не имеет ничего общего с эргономикой, поскольку она не занимается отношением между человеком и трудовым процессом и не исходит из анализа этого процесса. Область прикладной психологии, по крайней мере в настоящее время, также не имеет ничего общего с областью эргономики. Что касается, наконец, оценки рабочих мест как таковых, равно как и оценки персонала, эти функции также не могут быть отнесены

к области эргономики, поскольку они не изменяют отношения между человеком и машиной.

В любом случае психолог, желающий заниматься изучением систем «человек и машина», должен стремиться (какова бы ни была его более узкая специальность) к максимальному расширению области своих знаний и интересов. Любопытно в этой связи мнение крупной американской фирмы, которой понадобился психолог для участия в решении вопроса о связях между человеком и машиной в технологии пространства. В объявлении, данном фирмой, уточнялось, что кандидаты должны иметь высокую профессиональную подготовку и, кроме того, интересоваться следующими областями знаний: теорией коммуникаций, марковскими процессами, теорией решений, экологией, социальной психологией, программированием языков высшего порядка, исследованием операций, оперативными играми и экспериментальной психологией.

6. ПЛАН КНИГИ

Было показано, что необходимо различать рабочее место и сложные системы «человек и машина». Это различие и определяет план настоящей работы. В трех главах первой части, посвященной эргономике рабочего места, последовательно рассматриваются методы (гл. 2), восприятие сигналов (гл. 3), приспособление реакций к факторам окружающей среды (гл. 4).

Вторая часть посвящена системам «группа людей и группа машин». В гл. 5 обсуждаются методы, в гл. 6 — пути усовершенствования систем. В гл. 7 идет речь о различных формах применения эргономики. Затем следует приложение «Библиография по эргономике».

Читать главы следует по порядку. Однако тем, кто интересуется больше методами, чем результатами, может быть предложен следующий, несколько иной порядок ознакомления с содержанием глав: 1, 7, 2, 5, 3, 4, 6.

РЕЗЮМЕ

Эргономика определяется как технология коммуникаций в системах «человек и машина». Не будучи наукой, она использует такие науки, как психология, физиология, математика. Трудовой процесс в ней рассматривается как коммуникация между человеком и машиной в широком смысле этого слова. Объект эргономики — система «человек и машина» — представляет совокупность взаимодействующих переменных, направленную на достижение цели, общей для системы в целом. Эргономику не интересуют ни человек, ни машина в отрыве одно от другого.

Исторически можно выделить три этапа в изучении трудового процесса: на первом этапе в центре внимания машина, на втором — человек, на третьем — система. Эргономика, возникшая на втором этапе — этапе приспособления машины к человеку, в настоящее время находится на третьем этапе — этапе анализа систем.

Географически можно выделить американскую эргономику, преимущественно психологическую по своему характеру, направленную на решение военных задач; западноевропейскую эргономику (во главе с Фавержем и его школой) и восточноевропейскую эргономику (возникшую недавно, но находящуюся на этапе бурного развития).

Эргономика не однородна. Прежде всего мы различаем эргономику рабочего места (один человек и одна машина), при анализе которого используются модели типа S—O—R, и эргономику систем (группа людей и группа машин), которой соответствует модель типа S—R. Различают также превентивную эргономику и более широко распространенную коррективную эргономику; эргономику продукта и эргономику производства; эргономику лабораторную и эргономику на предприятии.

Границы эргономики не всегда четко очерчены. Так, обсуждается отношение эргономики к физиологии и гигиене труда, к вопросам научного нормирования труда и, наконец, к различным аспектам психологии.

Эргономика рабочего места. Методы

1. ВВЕДЕНИЕ

В такой молодой дисциплине, как эргономика, методы имеют большее значение, чем результаты. Данное утверждение может показаться парадоксальным, поскольку эргономика направлена на решение прикладных задач, на улучшение конкретных видов трудовых процессов, совершаемых с использованием ручного инструмента или станков, в цехах или на диспетчерских пунктах... Но это лишь кажущийся парадокс. Именно потому, что перед эргономикой стоят конкретные проблемы, эти проблемы являются комплексными, почти всегда новыми и отличными от уже решавшихся ранее. И такое положение будет сохраняться еще долгое время. Вот почему решения, принятые в каком-либо частном случае, не могут быть непосредственно использованы в другом, пусть подобном, частном случае. Следовательно, единственной гарантией эффективного решения является качество методов, используемых при изучении и решении каждой отдельной задачи.

Конечно, в технической литературе можно встретить работы, целиком состоящие из эргономических «рецептов» (см. приложение). Но реальная польза от них весьма спорна. Вскоре они оказываются превзойденными, поскольку непрерывно получаемые результаты все новых

и новых опытов ставят под вопрос то, что считалось установленным; более того, они представляют собой орудие, использование которого кроет в себе опасности. Так, например, однажды перед нами была поставлена задача выбрать наилучший шрифт для этикеток, предназначенных для обозначения различных видов товаров, поступающих на склад готовой продукции. Задача представлялась весьма простой. Казалось, что для ее решения достаточно обратиться к одному из подобных каталогов эргономических «данных». Решение же, подсказываемое этими каталогами, заключалось в использовании заглавных букв. Однако экспериментальное исследование, проведенное с учетом специфических переменных поставленной задачи, привело к противоположному решению, а именно к использованию строчных букв, расположенных на особом фоне. Дело в том, что предлагаемый каталогом рецепт был составлен путем обобщения результатов исследования, относящегося к приборной доске самолета и использовавшегося в условиях, совершенно отличных от данных условий.

Итак, прогресс в области эргономики, как и во многих других областях, осуществляется не через накопление данных, а через совершенствование методов. Вот почему все значительные работы, опубликованные за последние годы, в основном посвящены методологическим вопросам. В настоящей главе мы остановимся на некоторых существенных особенностях и направлениях этих исследований, ограничиваясь методами эргономики рабочего места. Следует иметь в виду, однако, что, поскольку рабочее место является, как мы видели, лишь частным случаем сложной системы «человек и машина», методы эргономики рабочего места пригодны также и для эргономики систем и могут рассматриваться как введение в последнюю.

1.1. ДВЕ ОСНОВНЫЕ ФАЗЫ

Эргономическое исследование рабочего места состоит из двух основных фаз: анализа труда и экспериментирования.

Целью анализа труда является сбор данных и определение задачи, которую предстоит решать. Другими словами, анализ труда позволяет определить переменные, характеризующие изучаемый трудовой процесс, и выбрать среди них один или несколько переменных критериев, которые в конечном счете служат оценкой успешного или неудачного вмешательства исследователя в трудовой процесс.

Без анализа трудового процесса не может быть эргономики. Это следует уже из самого определения эргономики: исследования трудового процесса как коммуникации между человеком и машиной. Именно анализом труда эргономическое исследование и отличается от исследования экспериментально-психологического или физиологического. Поэтому в данной главе (а также в гл. 5) мы будем уделять больше внимания методам анализа труда, чем экспериментальным методам.

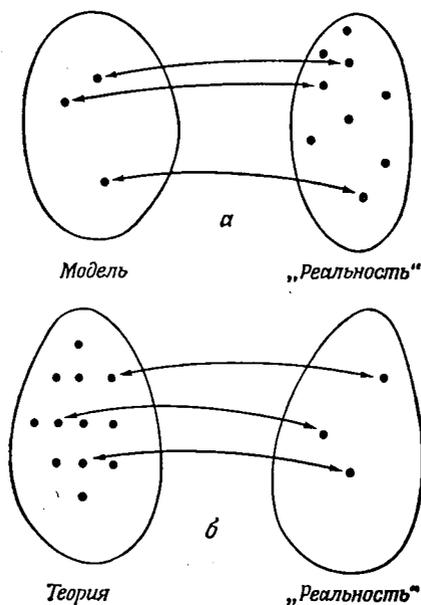
В самом деле, экспериментальные методы не являются специфическими для эргономики. Это позволит нам в дальнейшем сослаться на прекрасные руководства, существующие по данному вопросу на французском языке. Краткость нашего изложения, однако, вовсе не означает, что фазой экспериментирования можно пренебрегать. Только путем эксперимента можно количественно выразить переменные, выявленные при анализе труда, и точно оценить их взаимозависимость. Следовательно, только путем эксперимента можно определить независимые переменные, варьирование которых позволит максимизировать зависимые переменные критерии.

1.2. МОДЕЛИ

В гл. 1 мы употребили термин *модель*. Что же представляет собой модель? Чем модель отличается от теории? Что такое макет и что такое «моделирование»? Хотя в рамках настоящей работы не может быть речи о подробном рассмотрении общей методологии, все более частое употребление в эргономических исследованиях названных понятий, и особенно понятия «модель», требует некоторых пояснений. Заметим, что эти понятия исполь-

зуются как при анализе труда, так и при проведении экспериментальных исследований.

Определим модель как множество элементов, частично воспроизводящих другое, более обширное множество элементов, причем это последнее рассматривается как норма, с которой сравнивается модель. Обычно эту



Ф и г. 1.

норму называют «реальностью». Данное определение иллюстрирует фиг. 1, а. Как видно из рисунка, возможны многие модели данной «реальности» в зависимости от того, какие из ее элементов мы отберем для модели. Отбор элементов является обязательным, поскольку «реальность» содержит в действительности бесконечное число элементов.

Например, моделью моста могут служить его деревянный макет, чертежи проектировщика, математические формулы, положенные в основу расчета его размеров, и т. д. Модель операции, заключающейся в перетасовке колоды карт, может представлять собой воспроизве-

дение движений рук игрока, например, в том виде, в котором они были запечатлены на фотопленке. Но эта модель может быть построена также с учетом интервалов времени между взглядами игрока на каждую последующую карту и соответствующими движениями его руки. Модель может образовывать также система уравнений, описывающих вероятность появления различных карт как функцию совершаемых игроком ошибок при перетасовке и т. д.

Несомненно, именно в этом смысле следует толковать определение моделей как «аналогий», данное Чапанисом [26], или определение Штофа, для которого модель «есть специфическая форма аналогии, вид абстракции, в котором особым образом сочетаются абстрактное и конкретное, логическое и чувственно-графическое».

«Элементы», которые отбираются из реальности при построении модели, должны быть воспроизведены как можно более точно, хотя, по определению, для модели используется лишь ограниченное число таких элементов. Критерий модели, как указывает Чапанис, заключается в ее полезности, а известно, что гораздо удобнее иметь дело с небольшим числом хорошо подобранных переменных, чем с множеством переменных, взаимодействующих и неуправляемых. Уточним также, что термин «элемент» не следует понимать лишь в материальном смысле. Воспроизведенный в модели элемент реальности может быть как материальным статическим элементом (например, изображение циферблата, воспроизводящее реальный циферблат), так очень часто и отношением, выражаемым графически (в виде стрелки), логически (в виде импликации), математически (в виде функций) и т. д. Можно получить много весьма отличных одна от другой моделей одной и той же реальности.

Модели «хороши», если с ними работать удобнее, чем с реальностью¹ во всей ее сложности, и если они эффек-

¹ Заметим, что до сих пор мы рассматривали «реальность» как известное нам множество, сравниваемое с моделью. Каждому известно, однако, что восприятие самой этой реальности осуществляется через посредство модели другого уровня и т. д. Но это уже другой вопрос.

тивны, т. е. если их подбор таков, что преобразованию на модели соответствует изоморфное преобразование реальности. Здесь мы снова сталкиваемся с вопросом о связи анализа труда с экспериментальным исследованием. Если слишком элементарная модель редко бывает эффективной, то некоторые весьма сложные модели иногда оказываются совсем не приспособленными для исследования интересующих нас преобразований. Так, модель оператора радиолокационной установки, воспроизводящая лишь движения оператора при манипулировании установкой, является моделью, упускающей сущность операции. С другой стороны, модель, сопоставляющая путем факторного анализа результаты решения операторами тестовых заданий, мало чем способствует пониманию трудовой деятельности оператора, хотя и является сложной.

В противоположность модели *теорию* можно определить как хорошо структурированное множество элементов (фиг. 1, б). Элементы в этом случае почти всегда являются отношениями. Если теория не полностью произвольна, то некоторым из элементов данного множества соответствуют элементы реальности, которые также эта теория «объясняет». Теория, достойная называться таковой, должна быть применима к различным множествам реальности. Таким образом, теория позволяет обобщение, что не свойственно модели. Кроме того, теория в известном смысле может быть богаче известных непосредственных наблюдений реальности, поскольку ее внутренняя структура содержит элементы, которые не были обнаружены в реальности, хотя и могут быть в ней «открыты» именно благодаря теории. Иными словами, теория обладает эвристическими свойствами. И наоборот, теория опровержима путем опыта, показывающего, что структура реальности не соответствует структуре теории. Именно в этом смысле Чапанис противопоставляет критерий истинности теории более скромному в своих притязаниях критерию полезности модели.

Теории (как хорошие, так и плохие) характерны для научной формы познания. Так, например, психология создала многочисленные теории (теорию обучения, теорию восприятия и т. д.). Эргономика, которая является всего

лишь технологией, не создает теорий. Зато она использует огромное количество моделей, не стесняясь переходить от одних моделей к другим в зависимости от своеобразия решаемых ею проблем.

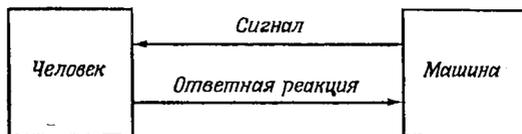
И наконец, мы определим *моделирование* как совокупность модификаций модели, состоящих либо в изменении ее временных характеристик (реальное или ускоренное время), либо во введении экспериментатором тех или иных переменных (моделирование в эргономике будет подробнее рассмотрено в гл. 5).

В уже упомянутой нами статье Чапанис резюмирует различные выгоды использования моделей в эргономике: модели помогают нам понять сложные системы или события; они полезны при обучении; они создают хорошие условия для экспериментирования, а в тех случаях, когда экспериментирование невозможно,— основу для прогнозирования. Наконец, что тоже немаловажно, преимущество моделей заключается в их занимательности, по крайней мере для того, кто их проектирует.

2. АНАЛИЗ ТРУДА

2.1. МОДЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ АНАЛИЗЕ ТРУДА

На фиг. 2 схематически представлена наиболее простая и обобщенная модель системы «человек и машина» с одним оператором (или модель рабочего места). Ма-



Фиг. 2. Простая модель рабочего места (с замкнутым контуром).

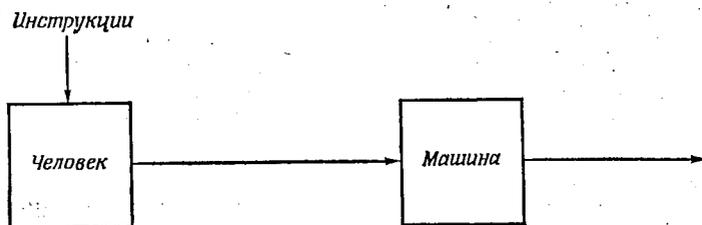
шина подает человеку информацию в виде «сигналов», например информацию о давлении внутри газопровода, закодированную цифрами на шкале манометра. Человек передает машине информацию, называемую «ответными реакциями», например закрытие клапана подачи газа.

Ясно, что описанная модель слишком примитивна для того, чтобы ее можно было использовать при анализе труда. Но она уже дает нам некоторое общее представление о методах анализа [103, 110] и показывает, что человека и машину следует изучать совместно, для чего непригодны методы, заимствованные из дифференциальной психологии, при помощи которых «способности» человека изучаются вне его взаимоотношений с машиной. Тем более непригодны для анализа труда инженерные методы, изучающие функционирование машины независимо от оператора, для которого эта машина предназначена. Данная модель показывает также, что в большинстве случаев нельзя довольствоваться лишь анализом ответных реакций оператора (путем хронометрирования и другими методами, используемыми при технологическом нормировании труда) и что (и это самое главное) при анализе рабочего места следует прежде всего исследовать коммуникации между человеком и машиной, хотя этому термину в данной связи не следует придавать слишком большое техническое значение. Некоторые авторы предпочитают вместо терминов «сигнал» и «ответная реакция» употреблять термины «вход» и «выход», как это делается в вычислительной технике. Но эти различия не носят принципиального характера.

Схема на фиг. 2 соответствует подавляющему большинству рабочих мест, встречающихся в промышленных и административных учреждениях, в военной промышленности и т. д. Такие рабочие места представляют собой систему с замкнутым контуром регулирования: между оператором и его окружением происходит «диалог», причем человек и машина приспособляются друг к другу в результате взаимной информации. Необходимо указать, однако, и на другую, более редкую разновидность систем,— систему с разомкнутым контуром (фиг. 3).

В этом случае оператор действует в соответствии с предварительно полученными инструкциями, не принимая во внимание обратного действия машины. Таким моделям обычно соответствуют подручные операции, при выполнении которых человек-оператор используется только как рабочая сила, а также некоторые однообразно повторяющиеся административные операции. Правда,

к этому разряду могут быть отнесены также и некоторые операции высшего порядка, связанные, например, с использованием кодов, в том числе и сложных (например, программирование для вычислительных машин). Однако следует сразу же уточнить, что система с разомкнутым контуром быстро утратила бы свою эффективность, если



Фиг. 3. Простая модель рабочего места (с разомкнутым контуром).

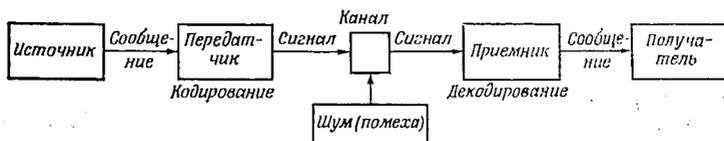
бы на высшем уровне не осуществлялось замыкание контура. Даваемые оператору инструкции должны изменяться (хотя и с некоторым запаздыванием) в соответствии с информацией, получаемой более или менее непосредственно от машины. Но не будем выходить за рамки собственно рабочего места и поднимать вопросы, относящиеся к сложным системам «люди и машины», рассмотрение которых не является задачей настоящей главы.

Остановимся теперь на некоторых часто упоминаемых моделях человека-оператора на рабочем месте.

А. Модели теории связи. Необходимо различать два взаимосвязанных, но очень различных (с интересующей нас точки зрения) аспекта теории связи: теорию кодирования и статистическую теорию. Теория кодирования соответствует модели физического типа, а статистической теории — математическая модель [47].

При анализе трудовой деятельности особенно широко используется модель, которая относится к теории кодирования (фиг. 4). Она столь часто была объектом рассмотрения [Омбрдан, Фаверж (1955)], что нет необходимости останавливаться на ее обсуждении. К тому же не следует преувеличивать возможности этой модели для анализа труда. Конечно, она способствует правильной постановке

проблем, позволяя судить о трудовой деятельности по аналогии и тем самым использовать готовый аппарат и удобную терминологию. Так, понятия канала связи, насыщения этого канала и шума могут быть полезны при описании процессов восприятия в условиях стресса, например при отсчете летчиком показаний приборов. Поло-



Фиг. 4. Модель теории связи (схема Шэннона).

жительные результаты дает различие сообщения и сигнала, сопоставление кодирования и декодирования (например, соотношение переданных и принятых инструкций) и т. д. Однако злоупотреблять метафорами не следует, поэтому, продолжая анализ, обратимся к другим моделям.

Теория информации в собственном смысле этого слова является теорией статистической: она позволяет измерять количество переданной и принятой информации. В экспериментальной психологии широко использовалась соответствующая ей математическая модель (этому вопросу посвящена работа Брессона). Разумеется, эту модель можно использовать и при анализе труда. Иногда бывает полезно, например, вычислить энтропию (или среднее количество информации) при изменении того или иного сигнального устройства. Использование математических моделей полезно в первую очередь на стадии постановки экспериментов, когда требуется описать функцию, связывающую подачу сигнала с соответствующим образом закодированной ответной реакцией. Другими словами, статистическая теория информации дает возможность экспериментально изучать поведение человека-оператора, рассматриваемого как канал, способный передавать информацию. Проведенные за последние годы исследования позволили установить ряд данных, которые могут быть непосредственно использованы в эргономике. Так, установлено, что человек функционирует как канал с ограниченной емкостью: количество переданной инфор-

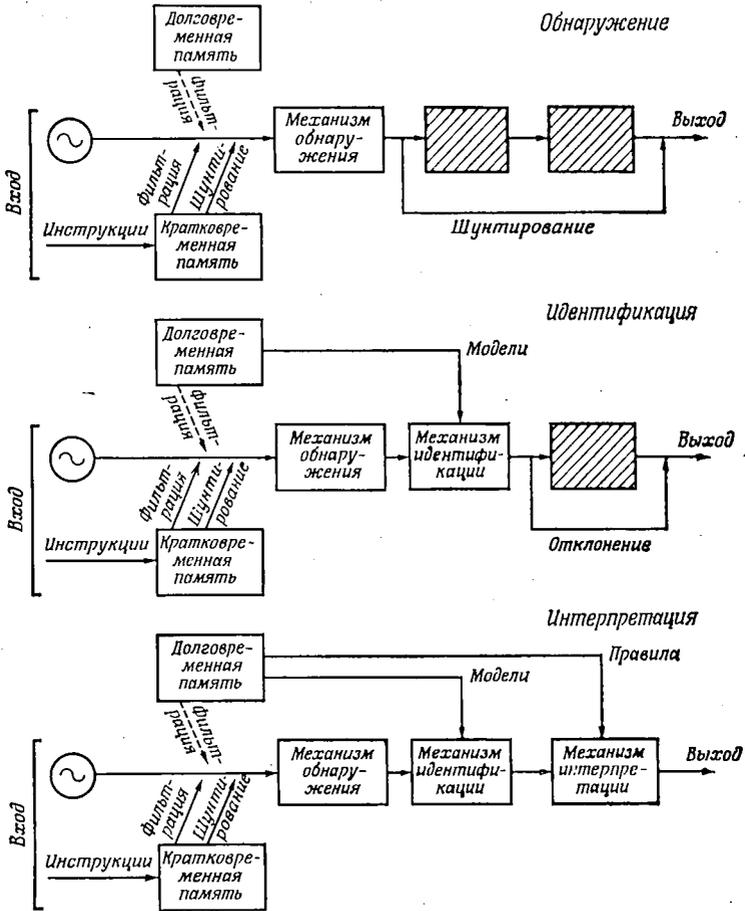
мации остается пропорциональным количеству полученной информации до известного предела, зависящего от сенсорной модальности, индивидуальных особенностей и т. д. За этим пределом канал насыщается и количество передаваемой информации остается неизменным, что ведет к ошибкам или пропускам. Известно, кроме того, что человек функционирует как одноканальное устройство и что это обстоятельство иногда делает необходимым введение, например, некоторой избыточности в сигнализацию и т. д. [84].

Все же не следует забывать, что при анализе труда статистическая теория информации, взятая сама по себе, еще не позволяет учесть все аспекты коммуникаций между людьми и машинами. Говоря так, мы имеем прежде всего в виду семантический аспект сигналов, т. е. в конечном счете их значение.

Б. Модель Ганье. Различая в широко известной работе некоторое количество функций, свойственных человеку-оператору в системах, и стремясь схематически изобразить каждую из этих функций, Робер Ганье построил модель оператора, приведенную на фиг. 5.

Согласно Ганье, тремя основными функциями человека-оператора являются: обнаружение (детектирование) сигнала, идентификация сигнала (по отношению к чему-то, не являющемуся сигналом) и интерпретация сигнала. Эти функции надстроены одна над другой и осуществляют все вместе преобразование сигнала, или «входа» (символически изображенного на рисунке в виде синусоиды на экране электроннолучевой трубки), в ответную реакцию, или «выход». Эта модель предназначается для анализа процесса восприятия сигнала, но не для анализа ответных реакций на сигнал.

Обнаружение сигнала является наиболее простой функцией, состоящей просто в констатации наличия или отсутствия определенной формы энергии, по принципу «все или ничего». Оператор воспринимает что-то или не воспринимает ничего, причем это «что-то» и может быть разницей. Следствием простоты данной функции является то, что она одна редко используется как таковая в системах «человек и машина». В большинстве случаев обнаружение лучше обеспечивается самой машиной.



Фиг. 5. Три разновидности действий оператора [60].

Модель говорит о том, что для данной функции обнаружения необходим *механизм обнаружения*. Этот механизм («черный ящик», природа которого не известна) получает команды из «*кратковременной памяти*» на основе *инструкций* (этим, между прочим, подчеркивается значение инструкций в трудовой деятельности). Такие команды касаются *деривации* (шунтирования), позволяющей

избежать бесполезной в данном случае идентификации и интерпретации, а также *филтрации*, указывающей сенсорной системе, каким образом она должна ориентироваться и регулировать свою деятельность, чтобы удерживать только требуемое явление. Команды филтрации задаются также и «долговременной памятью», которая заполняется должным образом в процессе предшествующего обучения. Инструкции, относящиеся к деривации и филтрации, определяют отношение оператора к работе.

Функция *идентификации* более сложна. Она состоит в разбиении входных сигналов на несколько категорий. Ганье указывает, что эта функция аналогична некоторым перцептивным функциям, изучаемым психологами-экспериментаторами. Эта функция осуществляется при выполнении операции контроля производимых деталей, рассортировки писем и вообще любой классификации. В наиболее простом случае мы имеем дело только с двумя категориями: «хорошо — плохо», «правый — левый» и т. д. Модель идентификации отличается от модели обнаружения включением *механизма идентификации*, причем шунтируется только интерпретация. Механизм идентификации питается, с одной стороны, механизмом обнаружения, передающим ему необходимые входные данные, с другой — долговременной памятью, предоставляющей необходимые для идентификации «схемы выбора». Эти схемы автор называет «моделями», придавая данному термину смысл, несколько отличный от того, который ему придаем мы. Эти схемы позволяют обеспечить известную константность восприятия, а тем самым и повторяемость действий. Наличие таких схем в долговременной памяти является результатом процессов специального обучения, часть же их усваивается еще в детском возрасте.

Наиболее сложна функция *интерпретации*. Именно поэтому она наиболее часто встречается при выполнении человеком конкретных практических действий и присутствует во всех более или менее «интеллектуальных» операциях. Отличие интерпретации от идентификации состоит в том, что, интерпретируя, оператор учитывает не только характеристики, непосредственно появляющиеся на «входе», но и их ожидаемый эффект, тем самым придавая им «значение». Так, при появлении пятна на экра-

не радиолокационной установки оператор не только идентифицирует его как пятно, но и интерпретирует его как свой или чужой самолет. Подобным образом оператор не только отличает данное положение стрелки на шкале от других возможных ее положений, но и интерпретирует это положение как сигнал тревоги или команду к соответствующей ответной реакции и т. д. Для точной интерпретации необходимо, чтобы обеспечивающий ее *механизм интерпретации* правильно отфильтровывал входные данные, передаваемые предшествующими механизмами. Это возможно только в том случае, если долговременная память выдает *правила* идентификации. В трудовой деятельности такими правилами являются данные оператору инструкции. Всякий, кто хоть немного занимался анализом труда, знает, насколько часто срыв в работе оператора происходит из-за недостаточности инструкций.

Правила могут быть более или менее сложными. Иногда они устанавливают подлинную стратегию с многочисленными альтернативами, как, например, при задачах обнаружения аварий или, что более обычно, при решении проблем. В этих случаях речь идет о многозначной интерпретации. Правила, необходимые для интерпретации входных данных, здесь вполне аналогичны программам для электронных вычислительных машин. Но для подобных операций модель Ганье становится уже слишком примитивной, особенно если правила включают возможность гибкого самопрограммирования, что наводит на мысль о таких бытующих в обыденной жизни удобных, хотя и туманных, терминах, как «выдумка», «находка», «догадка» и т. д.

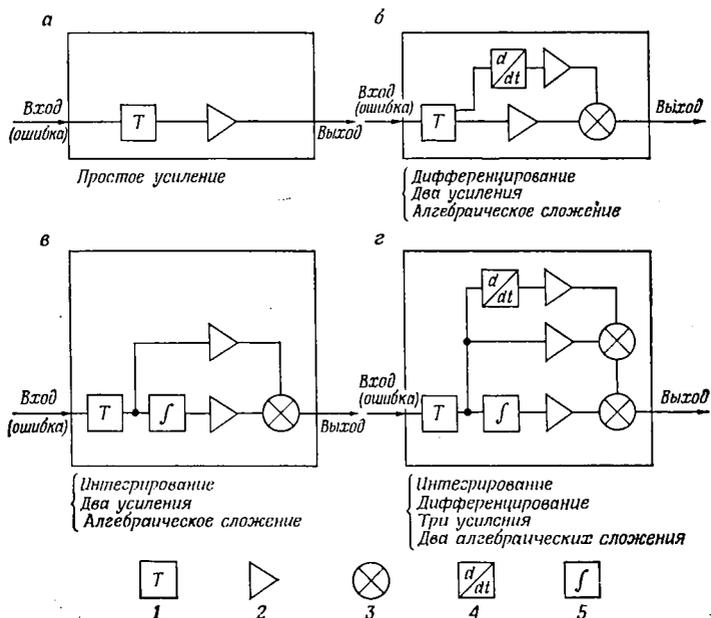
Использование модели Ганье при анализе труда весьма плодотворно. Возможно, она удивит психолога своей простотой, особенно если он захочет уподобить обнаружение ощущению, идентификацию восприятию и интерпретацию мышлению. Но ведь применяемые в ней понятия и не претендуют на то, чтобы учитывать все «почему» и «как» ощущения, восприятия и мышления. Они просто служат различению тех видов действий человека, которые требуют различных видов манипулирования «входными данными», поступающими из окружающей среды. Следо-

вательно, речь идет не о психологической модели, а о модели человека-оператора в системе «человек и машина». Именно эта модель дает возможность специалистам по эргономике выражать функции человека в терминах, совместимых с теми, которые использует инженер для описания функций машин: фильтрация, программирование, шунтирование и т. д. Правда, это еще не означает, что он должен понимать данные термины буквально (распределение функций между человеком и машиной рассмотрено в гл. 6).

В. Модель Бирмингема и Тейлора. Модель человека-оператора, предложенная в 1954 г. Бирмингемом и Тейлором, находит менее широкое применение, чем модель Ганье. Все же на ней стоит коротко остановиться, хотя бы учитывая ее историческое значение. Она описывает функции слежения. Под этим термином понимают операции, при которых двигательная реакция оператора должна приспособляться к непрерывно изменяющемуся сигналу. Простыми примерами такого рода задачи являются слежение при помощи визира за перемещением по экрану пятна или рулевое управление автомобилем. В модели Бирмингема и Тейлора оператор рассматривается как сервомеханизм, который осуществляет передаточную функцию между входом и выходом, причем под входом в данном случае понимается разница между положениями метки и визира, представляющая ошибку рассогласования. Эта модель обычно включается как составная часть в более обширную систему с замкнутым контуром. Четыре примера такой модели приведены на фиг. 6. Здесь символы, использованные для этой модели, заимствованы из математики.

В случае *слежения* человек выполняет функцию упрощения (умножения на константу). Данному количественному изменению на входе должно соответствовать пропорциональное изменение на выходе. Другими словами, входной сигнал следует умножить на константу, характеризующую отношение вход/выход (фиг. 6, *a*).

Другие операции слежения могут требовать различных функций. Так, при оценке скорости оператор использует функцию, аналогичную дифференцированию, а при оценке ускорения — двойному дифференцированию. Если



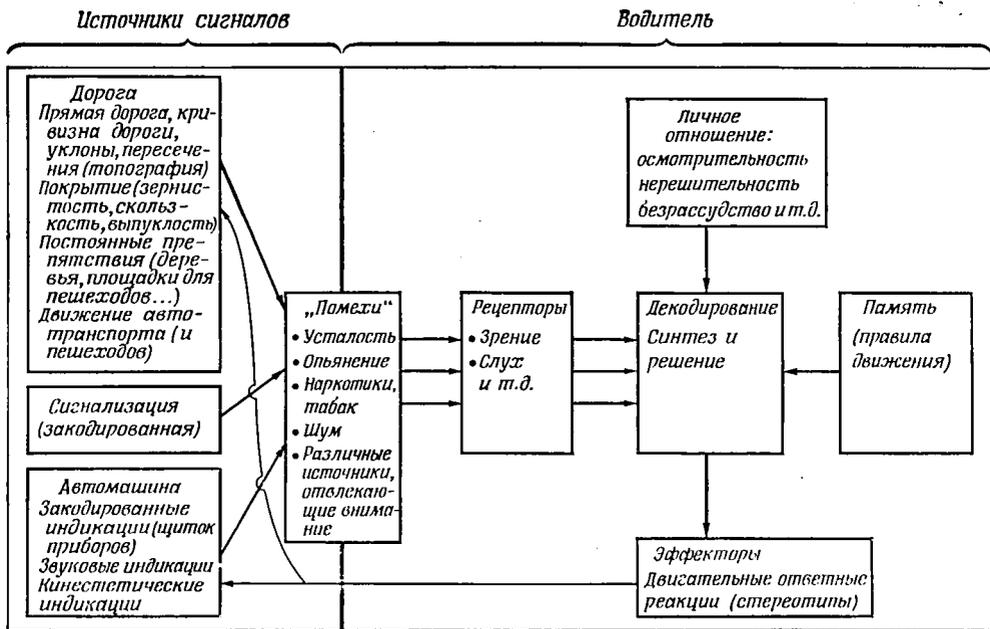
Ф и г. 6. Функции человека-оператора при различных операциях сложения (модель Бирмингема и Тейлора).

Символы обозначают: 1 — время (время реакции); 2 — усиление (умножение на константу); 3 — алгебраическое сложение; 4 — отклонение по времени; 5 — интегрирование.

задача оператора состоит в экстраполяции положения переменной в заданный момент с учетом скорости движения, то ему придется произвести функцию, аналогичную интегрированию; если же при этом необходимо учитывать и ускорение, потребуется функция, аналогичная двойному интегрированию.

Модель подобного типа весьма далека от моделей, обычно используемых в психологии. Однако заметим еще раз, что на данной стадии речь идет не об объяснении психических механизмов, а просто об описании поведения оператора при выполнении определенной операции.

Г. Специфические модели. При анализе трудовой деятельности часто бывает полезно построить специфиче-



Фиг. 7. Модель для анализа деятельности водителя автомашины.

скую модель, пригодную для описания той или иной конкретной операции. На фиг. 7 приведен пример простой модели для анализа деятельности водителя автомашины. Естественно, для такого вида деятельности может быть предложено много различных моделей [95]. Модель, представленная на данном рисунке, предназначена для того, чтобы показать секторы, по линии которых могут быть приняты меры предотвращения несчастных случаев (дорога — дорожные работы; автомобиль — конструктор; пострадавший — врач; личное отношение — пропаганда; водитель — курсы по вождению автомобиля и т. д.). В работе [90] приведена конкретная модель анализа в области характеристики определенного рабочего места (см. гл. 5).

2.2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ АНАЛИЗА ТРУДА

Под *техническим приемом* анализа труда мы подразумеваем совокупность процедур, позволяющих, руководствуясь моделью, установить и часто выразить количественно переменные, которые рассматриваются как характеристики определенного рабочего места.

Основные приемы анализа труда изложены на французском языке в ряде работ [51, 103, 110]. Поэтому ограничимся лишь кратким перечислением приемов, которые в настоящее время могут рассматриваться как «классические». Более подробно остановимся на анализе ошибок, учитывая его значение на любом этапе анализа труда, а также на графическом изображении результатов анализа («анализ связей»). В конце раздела будет подвергнут критике метод «контрольных таблиц» и приведены некоторые примеры анализа труда. Проблеме перцептивной нагрузки мы посвятим отдельный раздел, принимая во внимание как актуальность данной проблемы, так и тот факт, что при решении ее приходится прибегать не только к анализу труда, но и к экспериментам.

А. Классические приемы. Хорошо известны приемы, называемые «время и движение» (М.Т.М.). Они полезны для анализа трудовых операций, носящих преимущественно двигательный характер. Самым обычным является *хронометрирование*, определяющее время выполнения

каждого движения, входящего в состав операции. Трудность при этом заключается в определении элементарного движения и установлении его границ и особенно в оценке общей подвижности исполнителя, работа которого хронометрируется. «Суждение о скоростном стиле» всегда содержит в себе элементы субъективности, хотя хорошая тренировка и соответствующая статистическая обработка часто в достаточной степени уменьшают этот источник разброса данных. Приемы М.Т.М. противоположны хронометрированию. Составленные на основе многочисленных наблюдений таблицы позволяют определить стандартные времена выполнения целого ряда элементарных двигательных актов, основываясь на которых теоретически возможно построить двигательные операции в целом. В этом случае трудность заключается в том, чтобы распознать и выделить эти элементарные акты в конкретной трудовой деятельности. Кроме того, ясно, что методическая ценность «стандартных времен» так же ограничена, как и ценность любых эталонов.

Стоит упомянуть здесь очень интересный метод *выборочных кратковременных наблюдений*. Речь идет об отборе отдельных примеров трудовой деятельности на основе статистических законов. Отдельные наблюдения, проводимые в моменты времени, выбранные по таблице случайных чисел, позволяют очень экономично определить процентное отношение различных действий оператора или машины, а также их совместных действий. Число наблюдений определяется в зависимости от количества наблюдаемых действий, рабочих мест и требуемой точности. Следовательно, приступая к анализу, необходимо предварительно установить те действия, за которыми будет производиться наблюдение. Это не представляет большой трудности до тех пор, пока речь идет о таких простых категориях, как «работа — отдых», «питание машины — наблюдение» и т. д. При более значительном количестве выделяемых действий — единиц наблюдения — становится необходимым предварительно произвести анализ труда при помощи какого-либо другого приема. В этом случае выборочные кратковременные наблюдения являются скорее измерительной процедурой,

чем приемом анализа труда в собственном смысле этого слова.

Анализ ошибок — прием более общий; он будет рассмотрен в следующем разделе.

Таблица 2.1

ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ ЧЕЛОВЕКА И ВЫЗЫВАЮЩИЕ ИХ ФАКТОРЫ

Тип ошибки	Факторы, вызывающие ошибку
Ошибка при обнаружении сигнала	<p>Перегрузка входа: слишком много значимых сигналов слишком много отдельных каналов на входе</p> <p>Недогрузка входа: недостаточное разнообразие сигналов слишком мало сигналов</p> <p>Шумовые помехи: плохая контрастность высокая интенсивность отвлекающих стимулов</p>
Неточная идентификация сигнала	<p>Неясны форма и смысл кода</p> <p>Недостает различительных признаков</p> <p>Неадекватно фильтрующее (прогнозирующее) устройство</p> <p>Признаки противоречивы</p> <p>Противоречивы характеристики, положенные в основу идентификации</p>
Неточное определение относительной значимости или первоочередности	<p>Требуется нелинейное прогнозирование</p> <p>Требуются многочисленные или сложные шкалы значений</p> <p>Недостаточно определены или понятны значения</p>
Ошибочный выбор действия	<p>Недоучтены некоторые обстоятельства</p> <p>Неточно соотнесены реальные и требуемые структуры</p> <p>Непоняты последствия действия</p> <p>Правильное действие невозможно</p> <p>Правильное действие заторможено: по материальным причинам по процедурным причинам</p>
Ошибка функционирования	<p>Нет в распоряжении точных инструментов или неправильная реакция</p> <p>Соотношение между действием и ответной реакцией не понятно оператору</p> <p>Отсутствует или запаздывает обратная связь</p>

Напомним еще только такие приемы анализа, как *трудовой метод*, *наблюдение за рабочим при выполнении им операций*, *опрос рабочего и изучение продуктов его деятельности*, которые в значительной мере перекрываются анализом его ошибок. Все эти приемы, которые можно частично усовершенствовать использованием регистрирующей аппаратуры, имеют значение лишь в том случае, если опираются на эффективную модель анализа труда, т. е. такую модель, которая может быть сведена к основной модели типа S — R в противоположность неэффективным моделям типа перечня способностей.

Б. Анализ ошибок. Анализ ошибок настолько существен для эргономики, что специалистов по эргономике иногда называют специалистами по человеческим ошибкам! Историческим прототипом этого приема является предложенный Фланаганом метод *критических инцидентов*. Точно выполняемая операция обычно настолько сильно «врастает» в поведение оператора, что он не осознает ее механизма и не может словесно объяснить его наблюдателю. Зато в ошибках, и особенно в ошибках, совершаемых при обучении, — в невоспринятых сигналах, преждевременных решениях, неадекватных реакциях и т. д., хорошо раскрываются общественные аспекты операции.

Желая уточнить задачу определения ошибок, характерных для данного вида трудовой деятельности, многие авторы пытались составить перечень основных ошибок человека и их причин. Первым примером этого рода является перечень Кидда [74], приведенный в табл. 2. 1.

В работе [98] сделана попытка дать систематическую классификацию ошибок в системах «человек и машина». Авторы предлагают учитывать при анализе следующие основные категории:

- ошибки типа отклонений;
- ограничения, связанные с недостатком знаний;
- вариативность результатов;
- обратимость ошибки;
- ошибочные реакции;
- время реакции;

ошибки, связанные со спецификой операций;
определение ошибок.

Измерение ошибок типа *отклонений* предполагает определение нормы, которое и является одной из первых задач при анализе операции. Источником ошибок может быть недостаточность знаний, наиболее частые причины которой коренятся в нечеткости инструкций, неподкреплении правильных ответных реакций, в недостаточной осмысленности операции, в отсутствии мотивации, в неблагоприятных внешних условиях ее проведения, вызывающих нервное напряжение (стресс). Размах индивидуальных различий в качестве полученных отдельными исполнителями результатов показателен во всех тех случаях, когда оценка этих результатов не осуществляется по типу «все или ничего». *Обратимость ошибки* поднимает вопрос о своевременности исправления ошибок. Иногда в таких случаях говорят о «почти авариях» («presque-accidents»), изучение которых иногда также дает полезные указания. Изучение *времени реакций* может быть использовано в тех случаях, когда оно влияет на переменные на выходе, например при выполнении операций пилотирования. Влияние *типа операций* на оценку ошибки сказывается в том, что от него зависит соотношение качественных и количественных ошибок. Наконец, авторы напоминают традиционное для экспериментальной психологии разбиение ошибок на четыре категории: 1) невыполнение требуемого действия; 2) неточное выполнение требуемого действия; 3) несвоевременное выполнение требуемого действия; 4) выполнение нетребуемого действия. Эта классификация часто бывает очень полезной при первой рассортировке ошибок, обнаруженных при выполнении операции.

Фиттс и Джонс в двух известных, ставших уже классическими, исследованиях [53, 54], посвященных ошибкам пилотирования, произвели чрезвычайно детальный анализ всех ошибок при управлении самолетом и всех ошибок при отсчете показаний контрольно-измерительных приборов. Краткое изложение второго исследования приведено в работе [51], к которой мы и отсылаем читателя, не имеющего возможности познакомиться

с первоисточником. Приведем основные категории, по которым Фиттс и Джонс распределили ошибки управления. Каждая из этих категорий в свою очередь подразделяется на шесть классов, которые мы здесь не указываем. Всего авторами проанализировано 460 ошибок. Интересно отметить, что в Советском Союзе Пономаренко и Шишов в 1963 г. получили результаты, сравнимые с результатами Фиттса и Джонса.

В работе [75] опубликованы результаты обширного анализа ошибок операторов на перфораторе электронно-вычислительной машины ИВМ. Это исследование, проведенное в очень ограниченной области, особенно интересно тем, что на протяжении ряда лет проанализирова-

Таблица 2.2

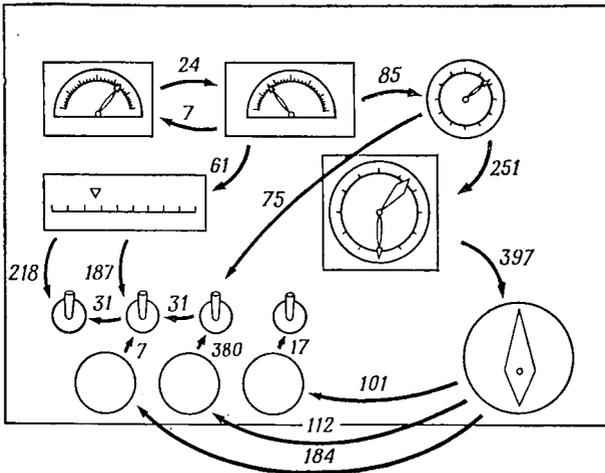
КЛАССИФИКАЦИЯ 460 ОШИБОК, СОВЕРШАЕМЫХ ЛЕТЧИКАМИ [53]

Типы ошибок	Количество ошибок	%
1. Ошибки подмены: смещение одного органа управления с другим или ненахождение нужного органа управления	229	50
2. Ошибки в регуляции движений: чрезмерно медленное или чрезмерно быстрое действие с органом управления, установление переключателя в неправильную позицию или несоблюдение правильной последовательности при выполнении ряда действий	83	18
3. Ошибки по забывчивости: отсутствие контроля, неиспользование органа управления в нужный момент	83	18
4. Ошибки инверсии: перемещение органа управления в направлении, противоположном требуемому для получения желаемого результата	27	6
5. Непреднамеренные действия: неосознанное воздействие на орган управления по недосмотру	24	5
6. Неспособность достичь органа управления: авария или «почти авария» из-за невозможности добраться до органа управления, ухватиться за него	14	3

но и статистически обработано более миллиарда перфокарт (статистическая обработка облегчалась самой природой исследуемого материала — перфокарт).

Кроме того, можно сослаться на работу Бука (1963), в которой анализируются ошибки восприятия дорожных знаков. Автор делит эти ошибки на ошибки локализации, различения, рассеянности, невнимания, сенсорные ошибки и, наконец, ошибки, связанные с иллюзиями восприятия.

В. Анализ связей. В литературе на английском языке анализом связей (link analysis) часто называют графическое изображение связей, устанавливаемых оператором в процессе выполнения операций. Речь идет о связях между различными источниками сигналов, а иногда и органами управления. Единицей измерения почти всегда служит частота перехода от элемента к элементу (для чего используются различные приемы регистрации визуальных наблюдений). Так, на фиг. 8 число 397 над одной из основных связей показывает, что из 2161 произведенного оператором наблюдения 397, т. е. 18%, заключались в переходе от большого циферблата к большому переключателю. Такого рода анализ можно практиковать



Фиг. 8. Пример анализа связей на приборной доске. Стрелки с числами показывают частоту перехода от одного элемента к другому.

в тех случаях, когда рабочее место включает щит, на котором сосредоточены средства индикации и органы управления. Результаты анализа в этом случае используются чаще всего для более рациональной компоновки щита, а иногда и для изменения структуры самих операций.

Для построения схем, подобных схеме, представленной на фиг. 8, можно руководствоваться методом, предложенным Линдквистом (1961), с использованием матрицы последовательностей. Кроме того, если есть возможность определить блоки (подсистемы), исходя из их близости, можно установить соотношения между количествами внутриблочных и внешних связей. Чем выше это отношение, тем лучше компоновка. Таким образом можно судить о качестве различных проектов щитов. В тех случаях, когда проблема слишком сложна, некоторые приемы теории графов позволяют быстро найти оптимальное решение.

Данные приемы анализа полезны не только в указанных случаях. Они могут быть применены при анализе любых связей, какой бы характер они ни носили: связи в системах «человек и машина», «машина и машина», «человек и человек». За некоторым пределом эти приемы — те же методы социометрии.

Г. Списки контрольных вопросов. Чтобы облегчить задачу специалиста по эргономике при анализе труда, иногда предлагали использовать эргономические «контрольные списки» — предварительно составленные вопросники, которые анализирующий должен систематически заполнять по ходу анализа. Известно, что впервые такие вопросники были составлены и применены в авиации, где в целях безопасности полета перед каждым вылетом проверяется функционирование каждого узла. Проверка производится по списку, причем каждый выполненный пункт отмечается «галочкой». Этот метод может быть бесспорно полезным, особенно для начинающих, так как фактически любой практик в какой-то момент составляет подобный список, помогающий ему руководить работой своего помощника.

Но нужно остерегаться иллюзорной легкости анализа труда на основе списков контрольных вопросов. Ана-

лиз труда является почти всегда трудной задачей, поскольку при ее решении заранее неизвестно, что, собственно, ищется. Основные категории анализа не могут быть определены заранее. Какую модель лучше использовать: информационную модель, модель решения, физиологическую или социометрическую модель? Решать это заранее, не приступив к рассмотрению проблемы, значит рисковать закрыть путь любой перестройке приемов анализа в зависимости от его результатов и, следовательно, усовершенствованию процесса анализа. Наиболее важным аргументом против контрольных списков является то обстоятельство, что они создают иллюзию действительного анализа, в то время как на самом деле приводят лишь к словесным операциям, которые могут в лучшем случае служить лишь подготовкой к действительному анализу.

Примером такой опасности может служить проект «контрольного списка», представленный II Международному эргономическому конгрессу (Дортмунд, 1964). Приведем небольшую выдержку из этого списка.

Таблица 2.3

ВЫДЕРЖКА ИЗ ЭРГОНОМИЧЕСКОГО «КОНТРОЛЬНОГО СПИСКА»,
ПРЕДСТАВЛЕННОГО II МЕЖДУНАРОДНОМУ ЭРГОНОМИЧЕСКОМУ
КОНГРЕССУ
(Дортмунд, 1964)

Методы работы

IIa. Психологические требования, поток информации

- A 99 — Являются ли данные, необходимые для выполнения операции, очевидными, недвусмысленными, точными?
A 100 — Являются ли все данные необходимыми для выполнения операции?
A 101 — Не превосходит ли объем информации пропускную способность оператора и не перегружает ли он его?
A 102 — В случае если один из сенсорных каналов перегружен, может ли нагрузка быть распределена более равномерно?
A 103 — Не наблюдается ли недогрузка оператора информацией?

Остановимся лишь на первом вопросе (A 99). Возможно, он поставлен просто для того, чтобы напомнить о необходимости установить степень очевидности, непротиворечивости и точности данных. Но ведь это само собой разумеется, и контрольный список мало чем может

быть полезен, если он ограничивается лишь таким общим напоминанием о больших разделах, подлежащих исследованию. Или же авторы «контрольного списка» считают, что интуиция поможет анализирующему непосредственно ответить «да» или «нет» на такого рода вопросы? Но в этом случае «контрольный список» становится прямо-таки опасным...

Короче говоря, «контрольные списки» должны рассматриваться как памятки, полезные на определенном этапе анализа, но не как эффективный метод анализа труда.

Д. Примеры анализа труда. Примеры анализа рабочего места публикуются редко, и это тем более прискорбно, что они могли бы оказаться весьма полезными... Тем, кто интересуется этим вопросом, можно указать работу [13], в которой можно найти систематический анализ соотношения между сигналами, переданными и полученными летучей мышью, а также различного рода проблем, которые ей приходится решать. Этот анализ является замечательным примером сочетания наблюдения с использованием измерительных приборов и фотоснимков и экспериментирования.

Среди работ, опубликованных на французском языке, следует указать на работу [9], в которой приводится анализ пункта управления рейнского буксира-толкача. Основные этапы этого анализа следующие:

- определение форм управления путем непосредственного наблюдения;

- описание инструментов и органов управления, сгруппированных по нескольким признакам;

- изучение анкетным методом процесса профессиональной подготовки;

 - опрос операторов методом систематических бесед;

 - статистическое изучение аварий;

 - классификация источников информации и органов управления по их важности и степени использования методом кратковременных наблюдений;

 - анализ последовательности использования при помощи табло с двойным входом.

2.3. ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЦЕПТИВНОЙ НАГРУЗКИ

Проблема «рабочей нагрузки» есть проблема «утомления», если можно использовать этот удобный, хотя и слишком неопределенный термин. Очевидно, что эта проблема возникает на уровне анализа труда, хотя для ее решения может потребоваться и постановка экспериментов. Поэтому данный раздел об оценке перцептивной нагрузки и включен в настоящую главу.

Мы не будем касаться вопроса о физической нагрузке. В современном промышленном производстве физическое утомление наблюдается все реже и реже, и устранение его в гораздо меньшей степени зависит от вмешательства специалиста по эргономике, чем от вмешательства инженера, который снимает проблему физического утомления, например, путем механизации ручных операций.

Зато проблема «перцептивной» или «психической» нагрузки является одной из наиболее актуальных проблем эргономики. Предложенные до настоящего времени решения этой проблемы далеко не удовлетворительны и, главное, не согласованы между собой, и проводимые в настоящее время исследования должны быть продолжены.

А. Непосредственное измерение сигналов. Теоретически наиболее простым способом измерения перцептивной нагрузки является вычисление количества информации, передаваемой машиной. Было показано, что теория информации вооружает нас удобным статистическим средством подобного измерения. К несчастью, ситуации, встречающиеся в реальной трудовой деятельности, далеко не настолько просты и устойчивы, чтобы подобные измерения могли иметь практическое значение. Только в хорошо контролируемых экспериментальных ситуациях удавалось получить результаты, поддающиеся интерпретации. Результаты эти небезынтересны, так как показывают в очень общих чертах, о величинах какого порядка может идти речь, и тем самым позволяют лучше ограничить конкретные проблемы.

Например, Конрад, а затем Макворт проводили сравнение ответных реакций человека на сигналы, поступаю-

ше из одного или нескольких источников. При равном количестве появлений сигналов в единицу времени эффективность оператора уменьшается в зависимости от числа источников. Данная зависимость, по-видимому, не является простой функцией, так как существует взаимосвязь между количеством информации и числом источников (перекрытие сигналов). Но интересно уже хотя бы то, что определение глобальной энтропии системы сигнализации еще не дает точной меры перцептивной нагрузки.

Б. Измерение ответных реакций при неизменном входе. Если исследователь довольствуется наблюдением за поведением оператора при оценке его перцептивной нагрузки, то прежде всего приходит на ум использовать наиболее существенные показатели, например погрешности оператора, его ошибки или упущения. Но если ошибки, как мы это видели, являются эффективным средством качественного анализа труда, то иначе обстоит дело с количественным анализом. В самом деле, уменьшение эффективности труда может быть вызвано весьма многочисленными факторами; к собственно же перцептивной нагрузке относится лишь часть этих факторов, причем та их часть, которая (повторим это еще раз) может быть обособлена лишь в очень упрощенной экспериментальной ситуации. Правда, при выполнении некоторых операций можно измерять время реакции, которое иногда представляется очень значимым. То же можно сказать и о времени выполнения ответного действия, хотя оно является менее точным показателем. Еще более интересно постепенное уменьшение дисперсии показателей времени реакции или времени выполнения элементов операции. Но эти последние не всегда поддаются измерению без внесения значительных изменений в саму рабочую ситуацию.

В. Измерение ответных реакций при изменяющемся входе. Одним из наиболее часто используемых методических приемов является метод «дополнительной задачи». Он состоит в следующем. Чтобы определить нагрузку на оператора при выполнении некоторой операции («основной задачи»), ему предлагают одновременно с этой операцией выполнять еще какое-либо очень простое

действие («дополнительную задачу»). Очевидно, что дополнительная задача не должна мешать выполнению основной задачи. Соблюдение этого условия составляет одну из главных трудностей метода и возможно только в том случае, если дополнительная задача выполняется «автоматически». Если это условие соблюдено, становится возможным измерять нагрузку, соответствующую основной задаче, через ухудшение выполнения дополнительной задачи. Кроме того, можно варьировать дополнительную задачу и измерять ухудшение качества выполнения основной задачи на различных уровнях трудности совмещения этих двух задач. Правда, для этого необходимо точное измерение самих уровней трудности, а это предполагает, что поставленная проблема уже частично решена...

Бертельсон (1967) проводит различие между «первичной» и «вспомогательной» дополнительной задачей, к выполнению которой оператор приступает в те моменты, когда это ему представляется возможным.

В качестве дополнительных задач используются простые задачи на бдительность (с двумя стимулами), задачи на слежение, задачи, состоящие в написании слов или предложений [71], ритмические задачи. Очень удобны именно последние. Например, Мишон (1964) заставлял испытуемого отбивать ногой определенный ритм. Нарушение ритма является, по-видимому, хорошим показателем перцептивной нагрузки, возникающей при решении основной задачи.

Обычно метод «дополнительной задачи» применяется в экспериментальной ситуации. Однако Линдквист (1961) использовал этот метод при исследовании операций имитируемого пилотирования в условиях, близких к реальным. Основная задача состояла в «пилотировании» макета, а дополнительная — в обнаружении светового пятна, появляющегося на табло, и нажмем (при появлении пятна) на соответствующую ему по положению кнопку. Этим путем можно было количественно измерить ухудшение качества выполнения операций пилотирования.

Реже используется метод, который можно было бы назвать методом «урезанной задачи» (*tâche retranchée*). Суть его заключается в прекращении на короткое время

восприятия сигналов. В результате можно судить о том, использует ли испытуемый всю информацию или нет. В этом случае перцептивная нагрузка определяется через минимальное время или минимальное число действий, которые требуются испытуемому для выполнения операции на заданном (удовлетворяющем) уровне. Этим путем можно также ввести меру перцептивной «недогрузки» (недостаточности сигналов).

Г. Косвенные показатели. Вслед за физиологами некоторые исследователи пытались использовать физиологические показатели, не имеющие непосредственного отношения к самой операции. Так, например, уже давно известно, что частота, при которой прерывистый свет начинает казаться непрерывным (критическая частота мелькания), может изменяться в значительных пределах. Были сделаны попытки использовать эти изменения как показатель «перцептивного утомления». Однако попытки не имели успеха, так как источники изменений в данном случае слишком многочисленны для того, чтобы можно было выделить именно тот из них, который является следствием самой операции.

За последнее время многочисленные исследования были посвящены также частоте сердечных сокращений. В работе Ганчева и др. (1965) приведены результаты экспериментов, проведенных с целью установления зависимости между количеством информации, содержащейся в сигналах, и частотой сокращений сердечной мышцы. Но маловероятно, что полученные результаты могут иметь значение, выходящее за рамки тех конкретных условий, в которых был проведен эксперимент. С этой точки зрения более интересными представляются исследования синусоидальной аритмии (неравномерности частоты сердечных сокращений). В самом деле, при выполнении операции с перцептивной нагрузкой неравномерность пульсаций, характерная для состояния покоя, практически исчезает, в то время как средняя частота сокращений остается постоянной. По-видимому, это обстоятельство могло бы быть использовано как относительно точное средство измерения общей перцептивной нагрузки.

К сожалению, в отношении подобных приемов впол-

не оправдан пессимизм Кроссмана [34]. «По моему мнению,— пишет автор,— проблема психической нагрузки и утомления сможет быть решена только после того, как будет значительно лучше понята сама сущность умственного труда... Для измерения текущего уровня внимания был использован ряд физиологических показателей... Но по-моему это все равно, что изучать работу электронно-вычислительной машины путем наблюдения за потреблением ею перфолент или за выделяемой ею тепловой энергией. Подход, состоящий в использовании вспомогательных задач, безусловно позволяет измерить остаточные возможности оператора, но он не дает никаких указаний ни на то, что собой представляла исходная нагрузка, ни на то, насколько эффективно эта нагрузка была использована. Нам нужно больше исследований на рабочих местах с непосредственной регистрацией результатов трудовой деятельности и одновременно с этим больше лабораторных исследований, посвященных таким вопросам, как принятие простого решения, кратковременная память и решение проблем в условиях дефицита времени».

Прекрасный пример исследования на производстве описан в работе [91]. Предметом анализа была перцептивная нагрузка на конкретном рабочем месте диспетчера аэронавигации. Авторы последовательно сопоставляли с интенсивностью полетов количество разговоров, ведущихся диспетчером, и количество стандартных сообщений. Например, сопоставление количества разговоров с интенсивностью полетов позволило установить порог, за пределами которого работа диспетчера становится невозможной. Интересным показателем является также средняя продолжительность разговоров. Тенденция к уменьшению средней продолжительности разговоров с увеличением интенсивности полетов может быть выражена совершенно определенной функцией. Что касается обмена информацией по установленному образцу, то, если общее число сообщений не является значимым показателем, их продолжительность уменьшается в зависимости от интенсивности движения, хотя и в меньшей степени, чем продолжительность разговоров.

3. ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Анализ труда позволяет выделить переменные, характеризующие данное рабочее место. Задача специалистов по эргономике — изменить это рабочее место с тем, чтобы его усовершенствовать. Для этого необходимо на следующем этапе — этапе экспериментирования — заняться исследованием переменных.

Например, Бертельсон [15], изучая рабочее место сортировщика корреспонденции на почте, провел в условиях лабораторного эксперимента сравнительное исследование двух упрощенных типов сортировочных машин. Статистическая обработка результатов эксперимента дала возможность предсказать поведение операторов в реальных условиях.

Нужно ли напоминать вслед за Чапанисом и другими, что эксперименты необходимы, так как одного лишь «здравого смысла» недостаточно? К сожалению, нужно, потому что все еще встречаются поборники этого столь обманчивого «метода», для пропаганды которого был даже создан специальный документальный фильм по эргономике. Мы ограничимся напоминанием, что в большинстве случаев эксперименты опровергают прогнозы, основанные на здравом смысле, исключительное использование которого ведет к полной потере самокритичности и тем самым принципиально противоречит техническому прогрессу.

При эргономическом изучении рабочего места могут быть использованы два вида экспериментов: лабораторные эксперименты и эксперименты на производстве. Иногда (в идеальном случае) эксперименты этих двух видов проводятся последовательно, хотя в большинстве случаев применяется только один из них. Поэтому нужно знать их относительные преимущества и недостатки. Лабораторные эксперименты предпочтительнее в тех случаях, когда задача состоит в изучении поведения переменных, так как только лабораторный эксперимент позволяет поддерживать постоянство переменных и точно измерять их взаимодействие. Кроме того, только в лабораторных условиях опыт может быть повторен столько раз, сколько необходимо для достижения пороговых

значений величин. Наконец, иногда без лаборатории нельзя обойтись по совершенно понятным практическим соображениям, как, например, при исследованиях космоса или в тех случаях, когда на первый план выдвигаются соображения безопасности. Зато в лабораториях мы обычно теряем в полноте охвата условий столько же, сколько выигрываем в точности. Исследование на самом рабочем месте более реалистично, и если оно не позволяет измерить влияние всех переменных, то по крайней мере оно пренебрегает меньшим их числом, чем лабораторные исследования. Особенно это относится к такому трудному, но важному элементу для исследования, как мотивация испытуемых.

Кроме того, лабораторные исследования часто критикуют за то, что они не позволяют производить обобщение наблюдаемых результатов. Это серьезный упрек, и именно в этом состоит одна из основных проблем психологического исследования вообще. Не будем пытаться дать исчерпывающий ответ: это сделано другими, причем более компетентно, чем мог бы сделать автор настоящих строк. Однако необходимо подчеркнуть, что данные лабораторных исследований следует переносить в цех с большой осторожностью, особенно в тех случаях, когда делается попытка распространения результатов, полученных при изучении одного рабочего места, на другое, даже, казалось бы, очень похожее на него. Данное соображение, правда, остается в силе и при экспериментировании на самом рабочем месте, хотя, как правило, подобная опасность в этом случае не существует.

3.1. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Фундаментальной разницы между лабораторными экспериментами с эргономическими целями и лабораторными экспериментами в экспериментальной психологии не существует. Поэтому мы отсылаем читателя к классическим трудам по этому вопросу (особенно к руководству Фресса и Пнаже [58]). Здесь напомним роль независимых и зависимых переменных, критериев, гипотез и планов экспериментов.

Независимые переменные представляют собой по существу поступающую к оператору входную информацию. Виды этой информации вычленяются в процессе анализа труда и должны быть воспроизведены в эксперименте как можно более точно. В большинстве случаев информация поступает к оператору в виде генерируемых машиной зрительных или слуховых сигналов. Но информация может поступать также и непосредственно из окружающей среды (освещение, шум и т. д.). В качестве независимых переменных можно исследовать также некоторые характеристики самого оператора, например его возраст, пол, культурный уровень.

Зависимые переменные отражают главным образом реакции оператора (или «выход»). Но можно использовать также выходные показатели системы «человек и машина» в целом, не различая функции человека и машины. Очевидно, что среди зависимых переменных очень важно выбрать те, которые будут использоваться как критерии. Этот выбор¹ основывается опять-таки на данных анализа труда.

Эксперимент, в собственном смысле этого слова, состоит в изменении конфигурации независимых переменных либо путем изменения интенсивности переменных, либо путем добавления или устранения переменных. Так, исследуемая ситуация (если таковая существует в действительности, т. е. в случае коррективной эргономики) сопоставляется с одной или несколькими другими ситуациями. Планируемые изменения зависят от гипотез. Гипотезы создают либо исходя из результатов подобных опытов, которым мы хотим придать более общее значение, либо в соответствии с моделью или теорией, значение которых мы хотим проверить (например, с моделью, построенной на основе теории решения), либо, наконец, за невозможностью лучшего, просто «чтобы посмотреть» — что в свою очередь часто приводит ко второй фазе экспериментирования.

Чтобы можно было интерпретировать результаты, необходимо проводить опыт в точном соответствии с экспериментальным планом. Это означает прежде всего,

¹ О выборе критериев см. также гл. 7.

что приняты необходимые меры к тому, чтобы объектом исследования не стали ни артефакты, ни паразитические переменные. В этой связи вспоминается опыт, частично не удавшийся из-за того, что мы забыли нейтрализовать эффект обучения., а ведь подобные неприятности, к сожалению, встречаются не так уж редко. Заранее установить план эксперимента — это значит также обеспечить необходимые предпосылки для корректного статистического анализа. Вот почему анализ переменных является одним из основных методических средств эргономики. Но злоупотреблять этим средством также не следует: подчас скромного критерия χ^2 оказывается достаточно для того, чтобы выйти из положения!

3.2. ОПЫТЫ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ И ПРОВЕРКА ВАЛИДНОСТИ

Промежуточное положение между лабораторным экспериментом и экспериментом на рабочем месте занимает моделирующий эксперимент. Он близок к лабораторному эксперименту тем, что рассматриваемые в нем переменные не столь многочисленны, как в действительности, и что при его проведении испытуемые дают себе отчет в том, что находятся в искусственной ситуации. Вероятно, именно благодаря своему «промежуточному» положению моделирующий эксперимент принадлежит к числу наиболее эффективных методов исследования. К сожалению, он слишком дорог и поэтому применяется исключительно для исследования рабочих мест, которые сами весьма ответственны (например, в космонавтике или авиации) или находятся в массовом производстве (например, автомобили).

Постановка экспериментов на рабочем месте труднее, чем в лаборатории. Она должна вносить как можно меньше изменений в реальную ситуацию. Роль эксперимента в этом случае состоит главным образом в изучении зависимых и независимых переменных (причем последние часто не поддаются воздействию), которые были установлены на этапе анализа. Поэтому специалист по эргономике должен работать совместно с хорошим специалистом по телеметрии. В данном случае речь идет не столько об эксперименте в собственном смысле этого

слова, сколько о подробном статистическом анализе с целью установления корреляций между переменными.

Прекрасным примером экспериментальной ситуации «на рабочем месте» является автомобиль-лаборатория в Центре по предотвращению дорожных происшествий в Монлери. Этот автомобиль представляет собой полное воспроизведение реального рабочего места, если не считать датчиков, установленных на теле водителя таким образом, что они абсолютно его не беспокоят.

Проверка валидности составляет завершающий этап любого эргономического эксперимента. Она состоит в проверке того, оправдывает ли рабочее место — преобразованное или созданное в соответствии с результатами экспериментов — возлагаемые на него надежды. При этом действительная эффективность преобразованного или вновь созданного рабочего места сопоставляется либо с абсолютными, заранее определенными нормами (минимальная эффективность), либо с эффективностью первоначального рабочего места, либо с эффективностью рабочих мест, построенных по параллельным проектам, из которых предстоит выбрать оптимальный. С этой целью желательно вернуться к анализу труда с тем, чтобы установить, действительно ли переменные, выбранные в качестве критериев, изменены в нужном направлении. (Об изменении и выборе критериев см. работы [Чапанис (1959), 51, 63].)

РЕЗЮМЕ

Прогресс в эргономике осуществляется не путем накопления данных, а путем совершенствования методов. В эргономике рабочего места исследование состоит из двух основных этапов: анализа труда и проведения экспериментов. Каждому этапу соответствуют свои методы. В обоих случаях используются «модели» — упрощенные изображения реальной ситуации.

Модели трудовых процессов при анализе рабочего места создаются на основе теории информации, которая предоставляет удобные, хотя и ограниченные по своему значению аналогии: в этом смысле мы говорим в первую очередь о передатчике и приемнике информации, о кодировании и декодировании, о канале, шуме, энтро-

пш. В модели человека-оператора Ганье различаются три функции: обнаружение сигнала, его идентификация и интерпретация. При этом Ганье, не претендуя на психологическое объяснение, говорит о таких механизмах, как кратковременная и долговременная память, инструкции, деривация, фильтрация. Модель Бирмингема и Тейлора есть модель операции слежения. В ней используются аналогии с функционированием сервомеханизмов.

Весьма разнообразны приемы анализа труда, позволяющие идентифицировать и количественно выразить переменные, беря за образец ту или иную модель. К классическим методам относятся хронометрирование и методы, разработанные на его основе. Часто необходим анализ ошибок, больше качественный, чем количественный. Многими авторами составлены списки основных типов ошибок человека, облегчающие их обнаружение. Анализ связей позволяет графически и численно выразить последовательность использования сигналов и органов управления на щитах. Контрольные списки представляют собой метод, вводящий в заблуждение, поскольку их использование предполагает, что проблема определения переменных, характерных для данного вида труда, заранее решена.

Измерение перцептивной нагрузки поднимает методические проблемы, которые еще далеки от своего решения. Предложен ряд методов: непосредственное измерение сигналов (например, путем определения количества информации, передаваемой машиной), исследование ответов при неизменном входе (например, измерение времени реакции), исследование ответов при изменяющемся входе (например, методом «дополнительной задачи»), наконец, использование косвенных показателей, основными из которых являются физиологические показатели (например, сердечный ритм).

Экспериментальные методы в эргономике не отличаются от классических методов экспериментальной психологии, если речь идет о лабораторных опытах. Что касается эксперимента на рабочем месте, здесь контроль за переменными затруднен и иногда сводится к проверке валидности на основе критериев, определенных при анализе труда.

Эргономика рабочего места. Восприятие сигналов

При современном развитии промышленности функции восприятия на рабочих местах преобладают над рабочими движениями. Эта эволюция является главным образом следствием растущей автоматизации, постепенно превращающей работника «физического труда» в работника «умственного труда»¹. Вот почему гораздо больше исследований посвящено анализу восприятия, чем анализу ответных реакций. Однако в этой области все еще остается широкое поле деятельности для исследователя. В самом деле, если проблема восприятия сигнала человеком-оператором начинает понемногу проясняться, то процессы, которые позволяют придать значение сигналу, остаются почти целиком не изученными.

В данной главе рассмотрим в отдельности три иерархических уровня: обнаружение, различение и интерпретацию сигнала оператором. Подобное деление произволь-

¹ Относительно влияния автоматизации на эргономику см. работы [25, 34, 130]. По данным О.С.Д.Е. в 1966 г. доля мышечной энергии составляла всего лишь примерно 5%.

но, спорно¹, но удобно и позволяет разобраться в массе работ, относящихся к проблемам восприятия сигнала. Оно исходит из деления, предложенного Ганье: обнаружение, идентификация и интерпретация (фиг. 5). Под *обнаружением* здесь понимаем те механизмы, которые позволяют оператору принять сигнал,— в противоположность тем случаям, когда сигнал не принимается; под *различением* — механизмы, позволяющие отличать один сигнал от другого; под *интерпретацией* — механизмы, позволяющие придать сигналу значение, т. е. в конечном итоге осуществить соответствующую ответную реакцию. В самом деле, в эргономике сигнал определяется главным образом через ответную реакцию, которую он должен вызывать.

Таким образом, отдельное изучение процесса восприятия сигнала, с одной стороны, и связи между сигналом и ответной реакцией — с другой, всегда является искусственным. Тем не менее мы поступим именно так и отнесем изучение связи S—R к следующей главе, но сделаем это исключительно для ясности изложения, постоянно помня, что на практике обе эти проблемы всегда рассматриваются совместно.

1. ОБНАРУЖЕНИЕ СИГНАЛА

1.1. ОЩУЩЕНИЕ

Первое условие обнаружения сигнала оператором состоит в том, что интенсивность сигнала (светового, звукового или тактильного) должна превышать некоторое минимальное значение, называемое порогом. Рассмотрение порогов применительно к оператору уводит нас в область психофизиологии ощущения, а применительно к машине поднимает проблемы, относящиеся к освещенности и звуковому уровню.

¹ Оно спорно, так как можно согласиться с Гарнером [62], считающим, что «воспринимать — значит познавать», т. е. что восприятие всегда, даже на уровне самого элементарного обнаружения, включает интерпретацию.

Мы не будем рассматривать здесь эти проблемы. Ощущением занимаются физиологи, психологи, даже врачи. Что касается специалиста по эргономике, ему достаточно знать лишь значения пороговых величин. И если, например, освещенность рабочего места недостаточна, он требует, чтобы ее увеличили до необходимого уровня, и проблему ощущения можно считать снятой. Правда, в огромном большинстве случаев эта проблема обычно снимается задолго до ее возникновения на предприятии.

Отметим только, что основными переменными, непосредственно влияющими на обнаружение зрительного сигнала, являются яркость и световая энергия, размер светящейся поверхности, контраст между стимулом и фоном, длительность действия стимула, цвет и адаптация глаза. Обсуждение этих переменных, а также классические данные относительно ощущения можно найти в работах [94, 104—106, 134].

Если проблемы ощущения почти всегда находятся за пределами эргономики, то все же есть одна специфическая особенность рассматриваемого процесса, которая играет решающую роль при обнаружении сигнала,— это его случайный характер, что подводит нас к анализу заданий на бдительность.

1.2. ЗАДАНИЯ НА БДИТЕЛЬНОСТЬ

Прежде чем рассматривать некоторые из многочисленных работ, посвященных так называемым заданиям на бдительность, необходимо кратко остановиться на терминологии. Заданиями на бдительность будем называть совокупность операций, состоящих в обнаружении сигналов, случайных либо во времени, либо в пространстве, либо же во времени и пространстве одновременно. Ограничиваясь здесь рассмотрением заданий исключительно на визуальную бдительность, будем их подразделять на следующие четыре категории: операции сличения, контроля, наблюдения и ожидания. Эти категории порождены двойной дихотомией (табл. 3.1).

Общим для операций сличения и контроля является то, что подлежащие обнаружению сигналы остаются в поле зрения оператора сколь угодно долго. Поэтому

Таблица 3.1

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАДАНИЙ НА БДИТЕЛЬНОСТЬ

	Сигналы, постоянно находящиеся в перцептивном поле	Сигналы, возникающие и исчезающие в перцептивном поле
Постоянные источники сигналов	Сличение Проверка путем последовательного сравнения	Наблюдение (Операторские пункты)
Непостоянные источники сигналов	Контроль Контроль за качеством в свободном ритме	Выжидание (Радиолокатор)

оператор здесь всегда имеет возможность вернуться к тому или иному действию или повторно выполнить операцию в целом. Затрудняет деятельность оператора то обстоятельство, что, хотя он и знает, что сигналы существуют, ему приходится их отыскивать, поскольку место их появления случайно.

В случае *операций сличения* источник сигналов постоянен, и, следовательно, оператору известны возможные (хотя и не бесспорные) места появления этих сигналов. К таким операциям относятся действия авиационного механика, производящего технический осмотр по контрольному списку и каждый раз проверяющего, не появится ли сигнал о несоответствии состояния норме. К этой же категории можно отнести и операцию сличения — знак за знаком — текста или расчетной ведомости.

Операции контроля более трудны, поскольку при их выполнении оператор имеет дело с непостоянными источниками сигналов. Наиболее распространенным примером такого рода операций является контроль за качеством выпускаемой продукции. Оператор должен отыскивать сигнал (дефект), который может находиться в любом участке перцептивного поля и к тому же может

быть качественно различным (может существовать несколько типов различных дефектов). Например, при изготовлении эмалированных листов работники контролируют их на выходе из печи, обнаруживая такие дефекты, как трещины, пятна и др.; в стекольном производстве контролируются стеклянные плиты перед резкой с целью обнаружения дефектов в виде пузырьков, радужных пятен, неровностей поверхности и т. д. Во всех этих случаях оператор находится в состоянии поиска сигнала, причем ритм этого поиска зависит только от самого оператора. Задача до некоторой степени облегчается тем, что сигнал постоянен.

Этого нельзя сказать об операциях наблюдения и ожидания, характеризующихся непостоянным характером сигналов в перцептивном поле. В этих случаях время появления сигнала не только неизвестно оператору, но может быть к тому же весьма коротким.

Операции наблюдения состоят в обнаружении случайных и проходящих сигналов, которые, однако, могут появиться только в определенных местах. В качестве характерного примера обратимся к обширному операторскому пункту в химической или нефтехимической промышленности. Сигналы могут передаваться множеством шкал, сигнальных ламп, самописцев, но оператор не знает, какой сигнал появится и когда это произойдет. Однако на практике подобный вид операторской деятельности встречается редко, так как в большинстве случаев сигналы достаточно продолжительны и деятельность оператора носит скорее характер проверочных операций.

Операции ожидания, наиболее типичным примером которых является радиолокационное наблюдение, отличаются не только непостоянным характером сигналов, но и тем, что место их появления не ограничивается конечным списком источников. К этой категории можно отнести также операцию обнаружения дефектов на полосе листового железа, движущейся с большой скоростью, или работу ночного сторожа, задача которого состоит в том, чтобы «замечать все и всюду».

Определенные выше категории еще достаточно широко, и в случае необходимости их можно разделить на

подкатегории. Особенно часто возникает необходимость разделить операции по частоте появления сигналов. Например, существуют серьезные различия между радиолокационным наблюдением в аэропорту (сигналы очень частые) и радиолокационным наблюдением за воздушными границами страны (сигналы, к счастью, очень редкие). Кроме того, некоторые операции могут быть отнесены сразу к двум категориям. Так, например, корректурные операции носят характер операций сличения, если речь идет о корректуре словаря или математического исследования, и скорее операций наблюдения, если речь идет о повторном просмотре автором корректуры его романа.

Ниже мы кратко остановимся на некоторых результатах исследований факторов, которые могут влиять на качество выполнения задач на бдительность. Эти результаты получены главным образом в лабораторных исследованиях, хотя иногда опыты проводились и непосредственно в цехе.

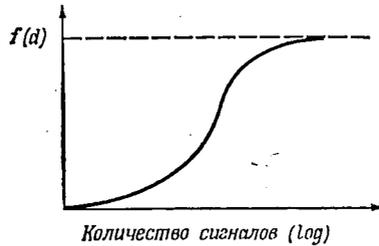
Тем, кто интересуется задачами на бдительность, рекомендуем работы [22, 69, 81, 88, Бродбент (1964)] и специальный номер «*Human Factors*», № 2 (1965). В них обсуждаются, в частности, психологические модели, позволяющие объяснить качество работы при выполнении данных операций.

А. Факторы, характеризующиеся параметрами сигналов. Сенсорная модальность. Очевидно, что прием информации будет зависеть от того, является ли сигнал, подлежащий обнаружению, зрительным или слуховым. Известно, что визуальные сигналы дают возможность передавать значительно больше информации, чем сигналы слуховые, хотя последние имеют важное преимущество, заключающееся в их большей «броскости». Поэтому они обычно служат как сигналы тревоги (клаксоны, сирена).

Комплексные зрительно-слуховые сигналы улавливаются легче, чем чисто зрительные или слуховые сигналы (Осборн и др.), и вызывают меньше ложных обнаружений (Грюбер). Кроме того, чередование зрительных и слуховых сигналов позволяет поддерживать на высоком уровне процент обнаружений.

Интенсивность сигнала. Интенсивность сигнала особенно важна при обнаружении редких сигналов. По-видимому, длительность редкого светового или звукового сигнала играет более важную роль, чем интенсивность света или звука. Беккер (1963) показал, что при испытании на бдительность с самого начала опыта короткие сигналы не только обнаруживаются хуже, чем длительные, но и процент их обнаружения резко падает. Это подтверждают опыты, проведенные ранее (исключение составляют данные, относящиеся к ложным обнаружениям).

Плотность сигналов. Под плотностью сигналов подразумевают либо число сигналов в единицу времени,



Фиг. 9. Гипотетическая кривая соотношения между количеством сигналов и частотой обнаружения сигналов [83].

либо отношение числа критических сигналов к числу некритических (нейтральных) сигналов.

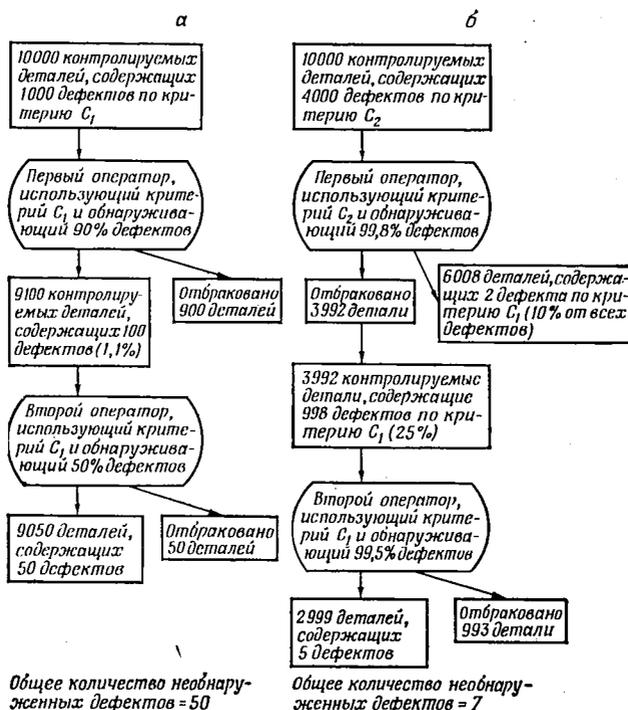
Многочисленные исследования показали, что процент обнаружений растет с увеличением плотности сигналов. Другими словами, относительная эффективность обнаружения возрастает как функция плотности. И наоборот, при уменьшении плотности сигналов происходит более быстрое ухудшение результатов. Однако зависимость процента обнаружений от плотности сигналов не является линейной.

Лепла в работе [83] попытался графически выразить эту зависимость в виде кривой, ясно показывающей наличие оптимальной зоны (фиг. 9). В самом деле, в начале кривой изменение количества сигналов играет значительную роль. В средней части кривой оно становится определяющим фактором, после чего появляется

плато, означающее, что емкость канала оператора достигла максимума; за этим пределом возникает риск появления ошибок в результате насыщения.

Из этих результатов можно сделать вывод, что для улучшения процента обнаружений может оказаться полезным введение искусственных сигналов, имеющих те же характеристики, что и «действительные» сигналы. Эффективность введения искусственных сигналов доказана рядом опытов. Однако на практике этот метод обычно неприменим. Колькаун (1961, 1966) и Джерисон (1966) предложили изящное и относительно легко применимое на практике решение, позволяющее избежать этой трудности. В случае контроля за качеством продукции, при котором определение дефекта несводимо к суждению «все или ничего», можно использовать двух операторов, работающих один за другим. Первый из них использует завышенный критерий, что дает большую плотность сигналов и достаточный процент обнаружений (при быстрой отбраковке). Второй оператор использует нормальный, менее строгий критерий, но применяет его только к единицам изделия, отбракованным первым оператором. При этом как плотность сигналов, так и процент обнаружений имеют для него те же значения, что и для первого оператора. Само собой разумеется, что, если бы оба оператора использовали одинаковые критерии, положение дел изменилось бы. Второй оператор, который работал бы только с деталями, пропущенными первым оператором, обнаруживал бы лишь чрезвычайно редкие сигналы, что означало бы значительное уменьшение эффективности его работы (фиг. 10). Заметим, кстати, что здесь мы имеем прекрасный пример того случая, когда неправомочность выводов на основе здравого смысла доказывается опытным путем: удвоить число контролеров не означает вдвое улучшить качество контроля.

Изменение плотности сигналов. По-видимому, прямой связи между изменением плотности сигналов и изменением процента обнаружений не существует. Влияние среднего уровня плотности, когда он высок, сильнее, чем влияние его временных колебаний. Однако тенденция оператора исходить из среднего уровня обнаружения сигналов может вызвать ошибки или пропуски при значитель-



Фиг. 10. Сравнение эффективности двух контролеров [Контролеры действуют один за другим и используют одни и тот же критерий (а) или разные критерии (б). Приведенные цифры произвольны, хотя и правдоподобны. Ложные обнаружения не принимаются в расчет.]

ных колебаниях плотности сигналов. Подобная опасность хорошо известна в цехах, где внезапное нарушение производственного процесса не сразу обнаруживается при контроле.

Длительность интервалов между сигналами. Колькаун (1961) показал, что в некоторых задачах на бдительность первые интервалы между сигналами (если они относительно невелики) могут явиться своего рода «эталоном» для оператора, и отношение оператора к наблюдению «закрепляется» на соответствующем уровне бдительности. Этот факт следует учитывать при обучении операторов.

Кроме того, замечена тенденция к возрастанию числа ложных обнаружений при длительных интервалах, компенсируемая повышением уровня бдительности по мере увеличения интервала между двумя сигналами.

Число категорий сигналов. По-видимому, существует связь между числом категорий сигналов, которые должен обнаружить данный оператор, и эффективностью их обнаружения. Однако соотношение в этом случае не является простым и изменяется в зависимости от других переменных, особенно от плотности сигналов. В каждом конкретном случае этот вопрос надо изучать отдельно, принимая в расчет все специфические данные. Однако, по-видимому, можно найти некоторое оптимальное число категорий с учетом индивидуальных характеристик и предельной пропускной способности канала данного оператора. Именно такого рода исследования в конечном итоге позволят решить конкретные вопросы, касающиеся необходимой степени специализации контролеров или наблюдателей.

С этой целью некоторые экспериментаторы исследовали вопрос, каким образом может влиять на решение основной задачи введение дополнительной задачи на бдительность. Этот метод отличается от простого увеличения плотности способом увеличения числа критических сигналов. Полученные результаты противоречивы. Они говорят то об увеличении процента обнаружений, относящихся к основной задаче, то об отсутствии влияния введенной дополнительной задачи и особенно относятся к тому случаю, когда сенсорная модальность сигналов различна для обеих задач. Уилкинсон (1964) пришел к выводу, что обнаружение критических сигналов может быть улучшено путем введения искусственных критических сигналов, обнаружение которых способствует решению основной задачи. В противном случае искусственные критические сигналы были бы неэффективны.

Роль нейтральных сигналов. Проблема нейтральных сигналов связана с предыдущей проблемой. Занимавшиеся ею исследователи (например, Колькаун) пришли к различным результатам. Нейтральными сигналами называются сигналы, не требующие никакого ответа (изделие без дефекта, показатель, не представляющий интере-

са, и т. д.). В общем обнаружение сигналов эффективнее в тех случаях, когда нейтральные сигналы явно отличаются от критических и, кроме того, различаются между собой. Задача специалиста по эргономике в данном случае состоит в определении оптимального соотношения между критическими и нейтральными сигналами для каждой изучаемой им конкретной ситуации. (По этому вопросу можно указать на исследование дорожной сигнализации, осуществленное Кроуфордом (1962)).

Структура зоны появления сигналов. Все работы, проведенные в данной области, указывают на большое значение структурирования задачи по обнаружению. Эти результаты тем более важны, что специалисту по эргономике часто бывает нетрудно внести соответствующие изменения в структуру даваемого оператору задания, тогда как изменение других переменных (например, плотности сигналов) не всегда возможно. Распределение принимаемых сигналов независимо от того, связано ли оно с особенностями подачи самих сигналов или со структурирующей деятельностью оператора, всегда оказывает влияние на качество обнаружения, на время обнаружения и на динамические характеристики ухудшения этих показателей. Вмешательство специалиста по эргономике состоит во введении перцептивных ориентиров, заслонов, методов визуального наблюдения и т. д. Цель всех принимаемых им мер — упрощение объекта наблюдения, сложность которого, как показал Харрис (1966), сильно влияет на качество работы контролера.

В качестве примера работы упомянем прежде всего классическое исследование работы оператора на прядильной машине непрерывного действия, проведенное Брауэ и Лепла в 1957 г. Результатом указанного исследования явилось введение ориентиров — полос, разграничивающих секторы, и фонов различных оттенков. В Англии были усовершенствованы методы обнаружения дефектных ампул путем группирования их в упорядоченные системы, а в Бельгии — усовершенствована работа по обнаружению дефектов в стеклянных плитах после того, как установлен наиболее эффективный маршрут обзора плит (по спирали, начиная с края). Изучение информационных табло показало, что обычно лучше все-

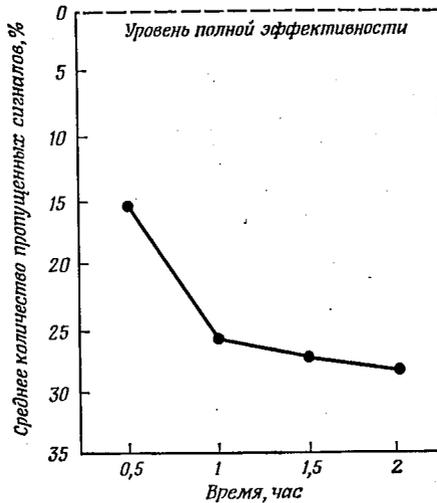
го воспринимаются сигналы, занимающие центр табло, затем сигналы, расположенные по его углам, и хуже всего — сигналы, находящиеся по краям табло. В этой области возможны эффективные усовершенствования, не требующие больших затрат времени.

Свободный, или произвольный, ритм. В таких контрольных операциях, как контроль за качеством мелких изделий на выходе конвейера, ритм осмотра изделий может либо зависеть от самого контролера, либо быть свободным. Свободный ритм, по-видимому, наиболее благоприятный и обеспечивает более высокое качество контроля. Правда, это положение иногда оспаривается. Отметим при этом, что плотность сигналов не влияет на данную переменную.

Б. Переменные, источником которых является оператор. Перерывы. Распределение перерывов при наблюдении является, видимо, наиболее значимым фактором с точки зрения эффективности обнаружения. В общем короткие и частые перерывы предпочтительнее длинных и редких, хотя данное положение требует проверки в каждом конкретном случае. В литературе описано много опытов, показывающих влияние времени перерывов на процент обнаружений. Эти перерывы либо повышают средний процент обнаружений, либо уменьшают степень ухудшения качества наблюдения, либо сокращают дисперсию пропущенных сигналов.

Первыми работами в этой области являются исторические исследования бдительности операторов [93], принятые с целью улучшения радиолокационного наблюдения во время военных действий. Первым экспериментом был так называемый «часовой» тест: испытуемые наблюдают за перемещающейся по циферблату секундной стрелкой. В различные моменты, выбранные по случайному распределению (24 раза в час), стрелка перемещается на двойное расстояние, что и служит сигналом. Упомянем лишь о важнейшем из многочисленных результатов этого опыта: приблизительно через полчаса процент обнаружений заметно уменьшился (фиг. 11). На основе этого результата было подсчитано, что за время второй мировой войны общее число подводных лодок, обнаруженных самолетами союзников при помощи ра-

диолокаторов, было бы на 50% больше, если бы установленное время наблюдения не превышало получаса. К подобным выводам пришли многие авторы, и есть все

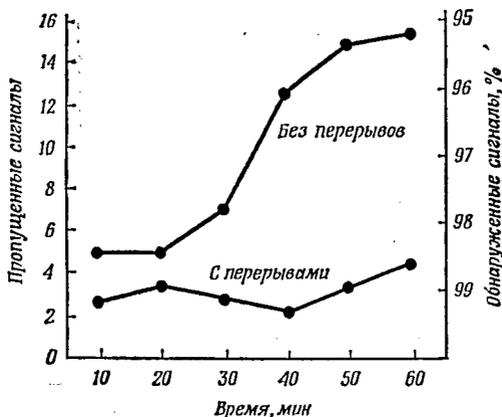


Фиг. 11. Изменение процента обнаружений случайного сигнала как функции времени [93] («часовой» тест Макворта).

основания считать, что в данном случае установлен достаточно общий закон (что в эргономике является довольно редким фактом). Например, Колькаун (1959) сравнивал две группы испытуемых, выполнявших задачу на бдительность типа контрольной операции. Их задача состояла в обнаружении небольшой черной точки, время от времени появляющейся по краям дисков. Первая группа работала без перерыва в течение часа, вторая — с пятиминутным перерывом через полчаса после начала работы. Полученные результаты явно свидетельствуют в пользу той группы, которая работала с перерывом (фиг. 12).

Макворт и другие исследователи одновременно с введением перерыва изучали влияние и некоторых других переменных. Так, Бергум и Лер (1962) показали, что положительное влияние перерывов несколько не изменяется с изменением плотности сигналов.

Параллельно с изучением влияния перерывов исследовалось и подобное влияние кратковременного *отвлечения* оператора. Так, Макворт замедлял процесс снижения процента обнаружений тем, что просто звонил оператору по телефону через полчаса после начала его ра-



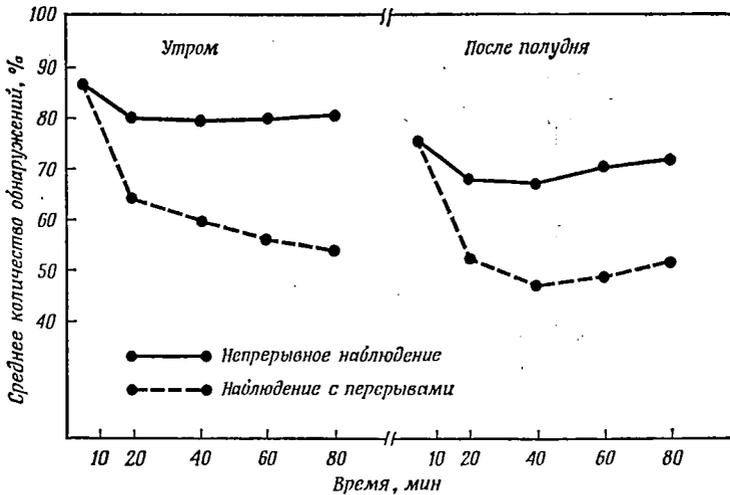
Фиг. 12. Влияние перерывов в задачах на бдительность.
[Colquhoun, The effect of a short rest pause on inspection efficiency, *Ergonomics*, № 4, 367 (1959).]

боты. Другие исследователи наблюдали аналогичные явления при введении вторичных интерферирующих задач. При этом, без сомнения, наиболее эффективно *чередование задач*.

В этой области легко можно осуществить много практических мероприятий, часто весьма эффективных. Но, разумеется, в любом случае необходима их экспериментальная проверка.

Продолжительность операции. Затягивание операции всегда приводит к ухудшению качества исполнения. Но это ухудшение может быть задержано воздействием на такие переменные, как интенсивность сигнала, плотность, ритм и особенно перерывы. Однако при равных перерывах общая продолжительность операций данного типа также играет роль. Дженкинс, например, показал, что во второй половине дня качество работы снижается по

сравнению с утром (в соответствии с классическими данными, относящимися к выполнению рабочих операций), причем независимо от того, осуществляется ли наблюдение с перерывами или непрерывно (фиг. 13). Колькаун (1962) установил, что время суток оказывает гораздо



Фиг. 13. Изменение процента обнаружений при операциях типа «часовой» тест в зависимости от времени дня, наличия или отсутствия перерывов (30 с через каждые 5 мин). [Jenkins, The effect of signal rate on performance in visual monitoring, *American Journal of Psychology*, № 4 (1958).]

большее влияние при выполнении операции в вынужденном ритме, чем в тех случаях, когда допускается свободный ритм. В ФРГ подобные результаты получил Гейдер в 1963 г.

Рабочие инструкции. Можно только сожалеть, что очень мало экспериментальных исследований посвящено изучению влияния инструкций на бдительность. В самом деле, анализ труда в цехе показывает роль отношения оператора к полученному им заданию, а это отношение в значительной мере зависит от данных ему устных или письменных инструкций. Сказанное особенно верно в отношении контрольных операций (и в первую очередь при контроле за качеством выпускаемой продукции), для ко-

торых необходимо, чтобы сигнал был недвусмысленным образом определен. Так, на заводе, выпускающем радиоприемники и телевизоры, мы заметили, что контролеры, в обязанности которых входило обнаружение «плохой пайки», использовали очень разные критерии. Это было вызвано неточностью в инструкциях, причины которой крылись, как оказалось, в глубоких разногласиях между мастерами. В других случаях инструкции могут сильно влиять на скорость и точность выполнения операции. Желательно, чтобы это явление принималось в расчет, что в большинстве цехов не делается.

Хертей исследовал субъективные моменты при выполнении операций контроля за качеством продукции (обнаружение дефектов на поверхности слитков в черной металлургии). При проведении опыта были обнаружены существенные различия в отношении отдельных контролеров к выполняемой ими операции. Так, пропуски дефектов и их ложные обнаружения коррелировались отрицательно; разные операторы «отдавали предпочтение» либо тем, либо другим.

Немедленное ознакомление оператора с результатами его деятельности. Если контролер быстро узнает результаты своего контроля, т. е. если через несколько минут ему сообщают о допущенных им пропусках и ложных обнаружениях, качество его работы повышается и процесс сокращения процента обнаружений замедляется. Это явление широко используется при программном обучении. Его положительное действие объясняется одновременно благотворным влиянием отвлечения контролера при получении им обратной информации и возможностью саморегулирования благодаря обратной связи. Если судить по данным опыта Вейденфеллера и др. (1962), первый фактор оказывается даже более важным: улучшение качества работы одинаково, когда сведения, даваемые контролеру о результатах его работы, ложны и когда они точны!

В большинстве случаев в промышленном производстве невозможно сразу же сообщить оператору о результатах его работы. Однако при обучении операторов этот прием может быть с пользой применен. Так, в работе [69] применено эффективное устройство при подготовке опера-

торов, осуществляющих контроль за прокатом. При этом начинающий оператор работает в паре с опытным инструктором. Оба сигнализируют об обнаруженных дефектах посредством кнопочного прибора. В случае одновременного нажима на кнопку инструктора и ученика последний получает подтверждение в виде появления на приборе положительного сигнала; подобный механизм действует и при пропусках (отрицательное подкрепление).

Некоторые лабораторные опыты этого рода могли бы быть с успехом перенесены в производственные условия. Так, Бейкер (1961) заметил, что знание результатов дополнительной задачи улучшает качество выполнения основной задачи. Винеру (1963) удалось увеличить процент обнаружений при контроле за редкими сигналами путем тренировки операторов в обнаружении подобных, но более частых сигналов, причем ответы обучающегося подкреплялись.

Наконец, Уэр и Бейкер (1964) в довольно сложном опыте изучали влияние знания результатов в зависимости от способа передачи сигнала (словесного или несловесного), от его сенсорной модальности (слуховые или зрительные сигналы) и от различных видов ответных реакций (обнаружения или пропуски). В результате выявилось взаимодействие между методом предъявления результата и видом ответной реакции. Кроме того, словесные сигналы оказались более действенными, чем несловесные, а слуховые сигналы — более действенными, чем зрительные. И наконец, выяснилось также, что знать о допущенных пропусках важнее, чем об обнаружениях.

Мотивация. Эта переменная, или скорее группа переменных, находится на границах эргономики. Недооценивать ее нельзя даже несмотря на то, что практически воздействовать на нее очень трудно.

Исследований, проведенных в этой области, мало. Среди работ, результаты которых могут быть перенесены в условия производства, можно назвать исследования Бергума и Лера (1963), которые показали, что группа исполнителей, находившаяся под надзором руководства, показывала результаты значительно более высокие, чем контрольная группа, работавшая без надзора. Эти же авторы (1964) изучали роль вознаграждения. На первом

этапе опыта экспериментальная группа испытуемых получала по 20 центов за каждый воспринятый сигнал, в случае же пропуска сигнала она подвергалась штрафу на ту же сумму. На втором этапе данная процедура была прекращена. Контрольная группа работала без поощрений и наказаний. В начале первого этапа экспериментальная группа показала более высокие результаты, чем контрольная группа, в конце же второго этапа дело обстояло наоборот. В заключение можно сказать, что обращение с мотивацией подобного типа должно быть крайне осторожным.

Факторы окружающей среды. В некоторых работах рассматривается влияние температуры и влажности воздуха на выполнение заданий на бдительность. Среди этих работ следует особо отметить исследования Метца (1960), Белла и др. (1964).

Сон и химические стимуляторы. Влияние недосыпания исследовали Метц (1960) и Коркоран (1963). Последний показал, что недосыпание больше сказывается на выполнении операций в очень быстром темпе (осмотр двух деталей в секунду), чем более медленных операций (одна деталь в секунду).

Хартман и Тарриер (1966) изучали влияние табачного дыма на выполнение заданий на бдительность в экспериментальной ситуации, моделирующей деятельность шофера автомобиля. Их опыты показали, что курящие выполняют этого рода задания лучше, чем некурящие — за исключением тех случаев, когда, по условиям эксперимента, они должны отказаться от употребления табака.

Что касается влияния стимулирующих наркотиков, применение которых на производстве невозможно, то Макворт Н. (1950) показал впервые, что бензедрин стимулирует повышение качества выполняемой операции через полчаса после начала работы. Тот же результат получил 15 лет спустя Макворт Дж., применяя амфетамин. Винер и Росс показали, что прием наркотиков улучшает процент обнаружений, но тот же эффект достигается приемом безвредного лекарственного средства (placebo). Что же касается алкоголя, его влияние безусловно отрицательно.

Однако Колькауин (1962) считает, что если доза алко-

голя невелика, то его влияние на исполнителя меньше, чем влияние таких факторов, как время суток или темперамент человека.

Группа. За последние годы было проведено несколько исследований с целью сравнения результатов работы, выполняемой испытуемыми индивидуально, с результатами работы, выполняемой группами испытуемых из двух или более человек. Данные этих опытов не однозначны. Бергум и Лер (1962) сравнивали достижения операторов, работавших в одиночку, и операторов, работавших попарно, но не сообщавших друг другу результаты своей работы. В опытах были использованы операции, отличавшиеся одна от другой по плотности сигналов. В обеих группах достижения оказались равными, но была отмечена большая корреляция между результатами операторов, составляющих пары. Авторы выдвинули гипотезу о влиянии словесного общения внутри группы.

Мико (1963) испробовал несколько способов сочетания работы двух операторов. По его данным, все эти способы не привели к заметному улучшению качества работы по сравнению с достижениями операторов, работавших в одиночку. В опытах Винера группы из двух операторов (выполнявших наблюдение как параллельно, так и последовательно) работали, наоборот, лучше, чем обособленные операторы.

Эти исследования близки по своему характеру к экспериментальным исследованиям социальных психологов, которые сравнивали эффективность индивидуального и коллективного выполнения различных задач и показали, что эффективность выполнения задачи в значительной степени зависит от природы самой задачи.

Если рассмотреть влияние социальной группы как целого, то можно отметить, что наличие так называемых «социальных норм» особенно воздействует на осуществление операций контроля за качеством продукции¹.

¹ Тенденция к нормализации качества работы, выполняемой одновременно и коллективно несколькими исполнителями, является фактом общего порядка. Социальное взаимодействие в малых группах и, в частности, влияние общественного положения на качество работы и на ее оценку отдельными лицами, а также особенности работы в группе изложены в работе [102].

Более того, Сиборн показал влияние этого фактора на выполнение калибровочных операций, при которых систематическое равнение на принятую раз и навсегда норму поддерживает процент брака почти на постоянном уровне, несмотря на разное качество выполнения. В цехах часто наблюдается подобная ситуация: между службами контроля и производством устанавливается нечто вроде безмолвного соглашения, отказ от которого может даже явиться причиной конфликта.

Все эти факторы лишней раз напоминают о том, что при перенесении данных лабораторных исследований в цех следует действовать очень осторожно (Эллот, 1960).

Индивидуальные факторы. Большинство авторов, исследовавших роль индивидуальных особенностей человека, единодушны в утверждении, что эти особенности мало влияют на качество выполнения операций, во всяком случае, гораздо меньше, чем различия в условиях (по крайней мере наиболее важных). Единой «способности» к бдительности не существует хотя бы уже потому, что человек по-разному реагирует на разные категории сигналов. Не было обнаружено также и явной корреляции между умственными способностями и процентом обнаружений. Некоторые авторы полагают, что им удалось осуществить связь между экстравертированностью — интравертированностью и бдительностью, но их данные неубедительны, а иногда и противоречивы.

Напротив, возраст операторов может оказывать влияние на выполнение операций, хотя каково оно, еще не уточнено. В данной связи указывается, например, что инструкции, даваемые пожилым работникам, должны отличаться точностью, чтобы сохранился достаточно высокий ритм выполнения ими операций. Сюрвилло и Килтер сравнивали работу группы пожилых испытуемых (средний возраст 71 год) и испытуемых среднего возраста (43,7 лет) в опытах с «часовым» тестом. В течение первых 45 минут пожилые испытуемые работали так же успешно, как и контрольная группа, но затем ухудшение их работы происходило значительно быстрее.

Отметим, наконец, что качество выполнения операций данного вида непосредственно связано с остротой зрения.

В. Несколько практических соображений. Трудовая деятельность оператора, связанная с выполнением задач на бдительность, не всегда легко поддается анализу. Наблюдение за работой операторов может вызвать «effect Hawthorn»¹, оказывая влияние на их мотивацию. С другой стороны, немало сведений можно извлечь уже из статистического изучения ошибок.

Фериньяк (1962) указывает на то, что данные, дремлющие в картотеках службы кадров предприятий, также представляют для исследователя клад, который к тому же часто может быть легко обработан механографическим путем. Так могут быть получены ценные данные об индивидуальных особенностях работы контролеров².

Из анкеты Мак-Кормика (1961) следует, что при выполнении контрольных операций около 15% дефектов остаются необнаруженными. Это пессимистическая оценка — почти всегда существует возможность сравнительно легко улучшить качество выполнения этих операций. Для этого можно с успехом использовать следующий прием. В первую очередь, изменяют саму организацию осуществления контроля (связь с другими службами, расстановку контролеров, расположение их параллельно или последовательно, темп работы и т. д.). После этого вводят наиболее важные из переменных, обнаруженных при анализе труда, — перерывы, инструкции, вознаграждения. Следующая фаза касается обучения, которое часто приходится начинать с азов, а затем снова прибегать к нему через определенные интервалы времени, поскольку в данной

¹ Имеется в виду результат опытов, проведенных в двадцатых годах в Хоторне (США) Отделом промышленных исследований Гарвардского университета совместно с Западно-электрической компанией под руководством Э. Мэйо. Авторы исследования констатировали, что производительность труда пяти рабочих, выделенных в целях исследования в специальный экспериментальный цех, непрерывно росла в течение трех лет, вне какой-либо зависимости от таких контролируемых переменных, как заработная плата, продолжительность рабочего дня, режим питания и т. д. Отсюда был сделан вывод, что решающими в данном случае оказались факторы социального порядка, которые хотя и не учитывались в эксперименте, но неизменно действовали на всем его протяжении: атмосфера дружбы, взаимного доверия и уважения, сложившаяся между психологами, работниками и мастером. — *Прим. ред.*

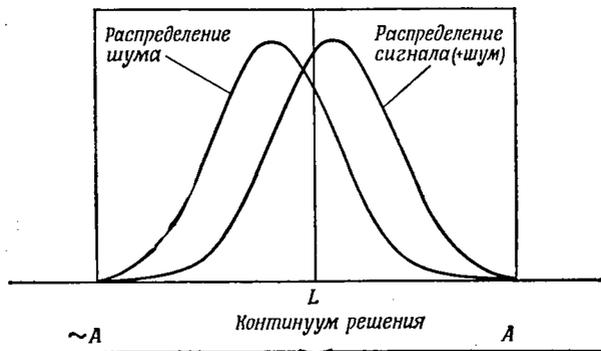
² О надежности человека-оператора см. гл. 6.

области ухудшение качества работы наступает очень быстро. Только после этого можно заняться отбором. Прекрасный пример вмешательства исследователя в данном случае читатель может найти в работе [24], а ряд практических советов — в работах [96, 125].

1.3. ОБНАРУЖЕНИЕ СИГНАЛОВ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ

Если значение сигнала, подлежащего обнаружению, близко к пороговому, т. е. если сигнал трудно отличим от «шумового фона», то для интерпретации опытов может быть использована модель, взятая из теории решения. Эта модель позволяет хорошо объяснить соотношение пропущенных сигналов и ложных обнаружений с учетом как объективных характеристик сигналов (возможность их появления), так и субъективных особенностей операторов (их поведение в соответствии с рабочими инструкциями). Здесь мы ограничимся лишь некоторыми аспектами этой модели; более детальное ознакомление с ней можно найти в работе [21].

На фиг. 14 показано распределение двух переменных, которые испытуемый должен различать: шума и сигнала, смешанного с шумом. В первом приближении оба распределения рассматриваются как нормальные (что, впрочем, для модели не существенно). Ситуация характеризуется разрывом средних значений $m_{\text{шум}}$ и $m_{\text{сигн+шум}}$.



Фиг. 14. Модель теории решения для обнаружения сигнала [21].

Если разрыв велик, оба распределения перекрываются только в маловероятных случаях, и с этой точки зрения обнаружение не вызывает трудности. Но если он мал, то площадь наложения сигналов велика и обнаружение затрудняется. В этом случае субъект допускает ошибки двух типов: либо он относит к шуму то, что является сигналом (+ шум), — тогда это пропуск; либо, наоборот, он относит к сигналу (+ шум) то, что является шумом, — тогда это ложное обнаружение. Вероятность появления этих ошибок зависит от предела, используемого субъектом и обозначенного на рисунке прямой L . Влево от этого предела субъект «решает», что сигнала нет (ответная реакция $\sim A$), а вправо — что сигнал есть (ответная реакция A).

Если L переместить влево, то одновременно возрастет как вероятность истинных, так и вероятность ложных обнаружений. Если же L переместить вправо, то одновременно уменьшится вероятность истинных и ложных обнаружений. Отсюда понятно значение установки испытуемого, от которого инструкция требует большей или меньшей уверенности при обнаружении во всех тех случаях, когда площадь наложения сигнала и шума велика. Однако соотношение сигнала и шума не является единственной переменной, вводимой этой моделью. В теории решений рассматривается следующая функция f :

$$p(A|S) = f[p(A|B)],$$

где $p(A|S)$ — условная вероятность положительной ответной реакции субъекта, когда сигнал передан, а $p(A|B)$ — условная вероятность положительной ответной реакции, когда представлен только шум. Эта функция называется «функцией эффективности приемника».

Проведен ряд опытов (чаще всего успешных) для проверки некоторых положений теории решения и, в частности, предположения, что субъект устанавливает предел L с тем, чтобы сделать максимальным математическое ожидание обнаружения, с учетом отношения сигнал (+ шум)/шум. Некоторые из этих экспериментов представляют непосредственный интерес для эргономики. Бродбент (1961) показал, что под влиянием степени уверенности испытуемые изменяют свои неосознанные кри-

терии. Исходя из этого, ему удалось увеличить вероятность обнаружения сигналов примерно на 0,20 при возрастании числа ложных обнаружений всего лишь на 0,016. И это имело место в том случае, когда испытуемые выражали неуверенность после ошибочных обнаружений. Сошлемся на опыты Нисели и Миллера (1957), которые показали, что при наблюдении за экраном радиолокатора испытуемые придерживаются различных стратегий для разных участков экрана в зависимости от вероятности появления на них сигналов.

2. РАЗЛИЧЕНИЕ СИГНАЛА

В этом разделе нас будет интересовать различение зрительных сигналов (циферблатов, шкал, сигнальных ламп и т. д.). Для слуховых сигналов проблемы различения возникают редко. (Для этих сигналов могут возникнуть проблемы, связанные с обнаружением или с интерпретацией, когда речь идет о словесных сигналах.)

2.1. СИГНАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Согласно недавно проделанному подсчету, примерно 25% всех эргономических исследований посвящено сигнальным устройствам. Подобное изобилие можно отнести на счет трех основных причин. Первая из них — преобладание военной эргономики в США. Военные заказы (по крайней мере в первое время) относились к вопросам проектирования и конструирования военных машин (самолеты, подводные лодки и т. д.), в которых сигнальные устройства действительно являются одной из главных характеристик рабочих мест. Вторая причина может быть связана с характером научной подготовки специалистов по эргономике в США, являющихся в своем большинстве психологами-экспериментаторами. Исследуя процессы восприятия средств индикации, специалист по инженерной психологии может непосредственно использовать привычные для него методы и экспериментальные навыки. Поэтому он естественно подвержен искушению заняться прежде всего проблемами, не представляющими

ми для него особых методических трудностей. И наконец (по-видимому, этот факт оказался определяющим) потому, что «прообразом» специалиста по эргономике стал образ специалиста по проектированию приборов, привлекающего к исследованию в данной области лиц, для которых подобные вопросы представляют интерес.

Мы считаем, однако, что увлечение эргономическими исследованиями, посвященными сигнальным устройствам, не оправдано. Конечно, хорошая шкала — это хорошо, а плохая — может быть, даже опасна. Но это верно в первую очередь в тех случаях; когда считывание показаний должно производиться очень быстро, например при пилотировании самолета. В промышленности же оператор редко оказывается настолько стеснен временем, что вынужден ограничиваться лишь беглым взглядом при получении информации. В огромном большинстве случаев он располагает временем в 2—3 с, достаточным для того, чтобы не совершить ошибки при считывании показаний (разумеется, в данном случае имеется в виду интерпретация сигнала). Конечно, мы не агитируем в пользу трудно читаемых шкал. Однако нам кажется, что средствам сигнализации редко принадлежит ведущее место в ряду факторов, влияющих на качество промышленного производства. Следовательно, было бы ошибкой систематически начинать с их исследования любую эргономическую рационализацию рабочего места, а тем более ограничиваться таким исследованием. Повторяем еще раз: только предварительный анализ труда позволяет определить роль, которую в нем играет различение сигналов, поступающих от приборов.

А. Таксономия сигнальных устройств. По осторожно-му замечанию Чапаниса масса документов, имеющих по данному вопросу, представляет собой «озадачивающее многообразие». Чтобы в нем не «утонуть», полезно произвести классификацию сигнальных устройств. Предлагались различные принципы классификации. По этому вопросу читатель может обратиться к работам [94] и [104], а также к книге Томсона (1963). Одной из наиболее полных является классификация Меррела (1965). Прежде чем приступить к краткому ее изложению, отметим, что Вирвиль (1964) сделал попытку представить диаграммой

все виды индикаторов, классифицируя их главным образом по сложности. Группу наименьшей сложности составляют приборы, предназначенные для слежения и компенсации, промежуточную группу — приборы, служащие для прогнозирования, и группу высшей сложности — приборы, дающие информацию аналогового типа. Автор считает, что его диаграмма позволяет уменьшить количество опытов, необходимых для выбора наиболее подходящего сигнального устройства.

Меррел предложил классификацию средств зрительной индикации, имеющую несколько входов. С точки зрения использования сигнальных устройств эта классификация может быть представлена в виде следующей таблицы.

Таблица 3.2

КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ТИПОВ СИГНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ
ПО ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
(по Меррелу)

	Нерегулируемые	Регулируемые
Циферблаты и шкалы	Количественное считывание Сравнение значений Качественное считывание	Сравнение значений
Числовые счетчики	Сравнение	Индикация, <i>слежение</i>
Индикаторы типа «да — нет»	Индикаторы (сигналы тревоги)	Индикаторы (устройства, показывающие состояние: ход — останов и т. д.)

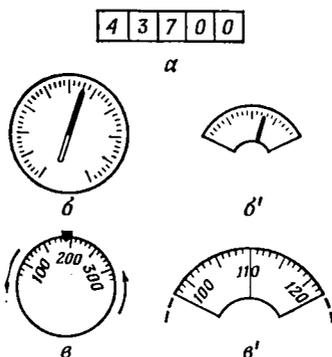
На основе функционирования можно перечислить следующие категории сигнальных устройств:

- стрелка-указатель подвижная, шкала фиксированная;
- шкала подвижная, стрелка-указатель фиксированная;
- окошко;

счетчики;
наборные диски телефонных аппаратов;
сигнальные лампы.

Эти категории можно дополнить, исходя из формы (шкалы круглые, полукруглые, горизонтальные, вертикальные и т. д.). На фиг. 15 представлено несколько наиболее часто встречающихся устройств.

Наконец, Меррел перечисляет некоторые второстепенные характеристики устройств, ставшие предметом



Фиг. 15. Некоторые типы сигнальных устройств [104].

a — числовой счетчик; b — стрелочный указатель подвижный, шкала фиксированная; b' — то же с окошком; e — стрелочный указатель фиксированный, шкала подвижная; e' — то же с окошком.

исследования. Здесь мы отметим лишь те из них, которые относятся к количественным устройствам (циферблаты и шкалы):

- размеры и число делений шкалы;
- длина основания шкалы;
- размещение делений на шкале;
- направление возрастания значений и нулевое положение;
- выбор максимальных значений;
- особенности делений;
- оцифровка;
- цвет делений и фона.

Б. Несколько примеров экспериментов. Не может быть речи о том, чтобы здесь резюмировать всю сово-

купность экспериментальных исследований, посвященных сигнальным устройствам. И не только потому, что их много, но главным образом потому, что эта работа уже проделана другими авторами [94, 104, 105]. Заметим, однако, что, несмотря на массу исследований, было бы неосмотрительно считать любой вопрос, связанный со шкалами, решенным априори. Проведенные исследования позволяют выдвигать вполне конкретные гипотезы, которые, однако, подлежат проверке в каждом конкретном случае. Так или иначе, мы не думаем, что будущее эргономического исследования процессов различения заключено в изучении сигнальных устройств.

В подавляющем большинстве случаев экспериментаторы используют тахистоскоп. В качестве зависимых переменных рассматриваются главным образом ошибки отсчета.

В табл. 3.3 подведены итоги ряда опытов, посвященных развитию числовых шкал. Эта таблица приводится

Таблица 3.3

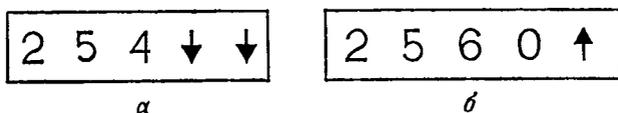
ПРИМЕРЫ ЧИСЛОВЫХ ШКАЛ [104]

Хорошие				
0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
1	2	3	4	5
10	20	30	40	50
100	200	300	400	500
0,5	1	1,5	2,0	2,5
5	10	15	20	25
50	100	150	200	250
Удовлетворительные				
0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
2	4	6	8	10
20	40	60	80	100
200	400	600	800	1000
Плохие				
0,25	0,5	0,75	1,0	
2,5	5	7,5	10	
25	50	75	100	
250	500	750	1000	
0,4	0,8	1,2	1,6	1,8
4	8	12	16	18
40	80	120	160	180

как типичный пример таблиц или схем, которые можно найти в упомянутых работах.

Папалонзос (1961) провел обширное статистическое исследование нескольких переменных, влияющих на читаемость шкал измерительных приборов. Многие из рассмотренных переменных оказались незначимыми. Подводя итог довольно сложным результатам, относящимся к значимым переменным, можно отметить, что цвет, размеры и форму шкал, стрелок и делений следует выбирать с таким расчетом, чтобы основные деления и стрелки образовали «фигуру», хорошо выделяющуюся на фоне самой шкалы и второстепенных показаний.

Рольф [118] дал обзор всех опытов, проведенных с целью определения высоты полета самолета при помощи числовых индикаторов. Хорошие результаты дает ставший классическим тип альтиметра, состоящий из центрального счетчика десятков единиц высоты и стрелки,



Фиг. 16. Устройство для указания высоты с символическим представлением степени быстрого снижения (*a*) и умеренного подъема (*b*) [118].

которая отмечает отдельные единицы на градуированной шкале. Однако автор полагает, что следовало бы предпринять новые опыты, особенно для определения наилучшего представления динамических аспектов информации (увеличение или уменьшение высоты). На фиг. 16 изображено одно из изучавшихся с этой целью устройств.

Институт им. Беттела провел ряд экспериментов, касающихся менее исследованного вопроса — представления графических данных: схем, кривых, карт и т. д. В качестве зависимых переменных рассматривались точность и быстрота различения; интерпретации данных эти эксперименты почти не касались [работы опубликованы в *Human Factors*, № 2 (1961)].

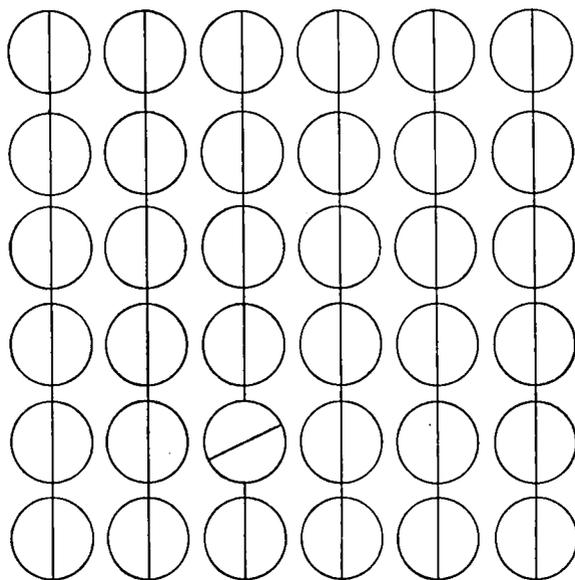
Спенсер (1963) детально исследовал стрелки-указатели приборов. Обзор литературы по данной теме и соб-

ственные эксперименты привели его к выводу, что особенности самих стрелок имеют довольно небольшое значение, но что все же следует рекомендовать длинные стрелки, достигающие оцифровки или перекрывающие ее.

Особый вопрос — органы управления. В этой главе они рассматриваются с точки зрения восприятия: какие особенности органов управления способствуют их лучшему зрительному или тактильному различению. Рычаги управления как орудие ответных реакций (требуемое усилие, число оборотов и т. д.) и органы управления рассматриваются в следующей главе. Исследования, посвященные данному вопросу, немногочисленны. Во всех учебниках описаны работы Дженкинса (1947). Исследования Бредли (1959) изложены в работе [94]. С тех пор по этому вопросу не появлялось никаких работ. В американской военной авиации формы органов управления стандартизированы в соответствии с результатами эргономических исследований.

В. Сгруппированные приборы. Измерительные приборы очень часто объединены на общем табло. В следующем разделе рассматриваются проблемы, относящиеся к расположению приборов на табло и связанные с интерпретацией сигнала. В самом деле, проблема расположения шкал на табло является проблемой синтаксической и, следовательно, смысловой. Однако один ее аспект все же находится на уровне различения сигнала: какова оптимальная конфигурация сгруппированных шкал, облегчающая восприятие информации с *одной* из них? В этом случае группа шкал рассматривается как единое устройство. Критический обзор исследований можно найти у Бейнбридж (1962). Отмен (1964) повторил часто цитируемые опыты Джонсгарда (1953), определяющие оптимальные конфигурации шкал с точки зрения восприятия отклонений (здесь мы близки к проблеме обнаружения). Одно из лучших решений приведено на фиг. 17.

Г. Буквы и цифры. В руководствах на английском языке можно найти указания относительно написания букв и цифр, касающихся в основном соотношения между высотой, шириной и толщиной образующей линии. Кроме того, исследовалась относительная читаемость



Ф и г. 17. Оптимальное расположение шкал на табло, если критерием является точность восприятия отклонения от нормы [107].

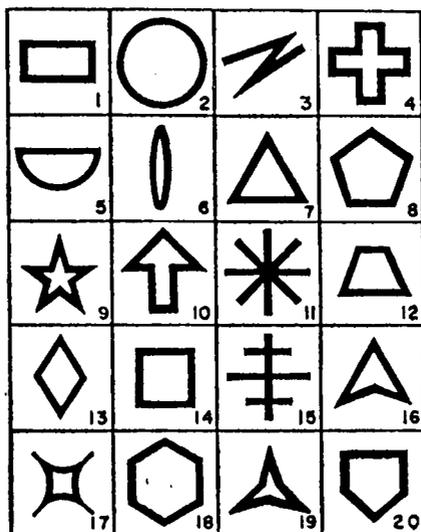
различных шрифтов и т. д.¹ На фиг. 18 воспроизведены начертания цифр, являющиеся по мнению Ланселла (1954) наилучшими при уменьшении угла зрения. Иногда бывает необходимо использовать абстрактные гео-



Ф и г. 18. Цифры, читаемые под острым углом [79].

метрические знаки, которые можно быстро и безошибочно различить. Это относится особенно к работе с радиолокатором. Боуэн и др. (1960) провели сравнение двадцати геометрических форм, воспроизведенных на фиг. 19, порядковые номера которых соответствуют легкости их опознавания.

¹ О читаемости печатных букв см. в работе [126].



Фиг. 19. Абстрактные формы, сгруппированные в соответствии с легкостью их опознавания [19].

Следует иметь в виду, однако, что не всегда можно ограничиваться результатами, полученными другими. Так, нам пришлось изучать этикетки, прикрепляемые на складах табачных фабрик к упаковкам сигарет и сигар. Объектом исследования были два рабочих места: кладовщика, подготавливающего упаковки с товаром для отправки, и контролера, проверяющего эти упаковки. В этой главе мы приводим лишь те данные исследования, проведенного нашим коллегой П. Мореном, которые относятся к сравнению типографских шрифтов (остальные его аспекты относятся к проблеме интерпретации сигналов).

Подлежащие сравнению слова обозначали марки сигарет или сигар. Целью исследования было установление типографских шрифтов, легче всего читаемых в трудных условиях работы кладовщиков и особенно контролеров, которые вынуждены разбирать надписи, находящиеся в любом положении относительно их глаз. Производили сравнение четырех видов буквенных изображений:

GITANE FILTRE

Gitane Filtre

GITane FILtre

GITANE

Gitane Filtré

GITANE MAIS

BOYARD

Boyard Maïs

Фиг. 20. Различные типографские шрифты,
используемые для этикеток.

прописных, строчных, смешанного строчно-прописного написания и произвольного начертания (фиг. 20). Образцы предъявлялись тахистоскопически в четырех положениях: в нормальном положении, в перевернутом, в вертикальном (началом слова вверх и вниз). Статистическая обработка данных привела к очень четким выводам. Наилучшими для опознавания оказались строчные буквы (достоверно при 0,001), прописные буквы и смешанное написание дали равные результаты; значительно худшие результаты были получены при опознавании произвольно написанных букв. Превосходство строчных букв можно объяснить особенностями начертания их основ (нижних частей), благодаря которым они опознаются в целом лучше всех остальных видов букв. Менее понятна неудача с буквами произвольного начертания [в опытах предъявлялось пять видов таких букв (фиг. 20)], по крайней мере с точки зрения здравого смысла.

Д. Связь с вычислительной машиной. Взаимоотношения человека с вычислительной машиной поднимают прежде всего проблемы языка, которые рассматриваются в следующем разделе. Однако выход вычислительной машины может также рассматриваться как сигнальное устройство и исследоваться как таковое. Это особенно верно в отношении тех систем, одним из элементов которых является человек. Самое обычное устройство представляет собой пишущую машинку, на «выходе» которой не возникает никаких проблем, хотя о «входе» ее этого сказать нельзя. Но в современных системах все шире и шире используются электроннолучевые трубки, обладающие значительно более высокой гибкостью. В связи с этим встает задача исследования как экранов радиолокаторов, так и таких переменных, как уровень яркости, цвет и особенно послесвечение. Когда послесвечение слишком непродолжительно, различение и даже простое обнаружение затрудняются. Когда же оно слишком продолжительно, то замедляется ход процесса в целом. Оптимальная его продолжительность может быть установлена только экспериментальным путем. Впрочем, сказанное затрагивает лишь один из аспектов более общей проблемы, возникающей из-за различия в скорости

работы вычислительной машины и человека-оператора. Иногда трудности можно обойти, выражая время через пространство или вводя вспомогательные устройства, позволяющие сохранять информацию (например, диапроекторы, применяемые почти повсеместно при программированном обучении). Что касается «входа», то современные устройства типа электронного карандаша позволяют значительно упростить работу оператора по кодированию. О выводах вычислительных машин см. в работе [114], а также в отчете S.A.C.S. (1965).

2.2. РАЗЛИЧИЕНИЕ СИГНАЛА И ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ

Когда нужно провести различие между несколькими предъявленными одновременно сигналами, можно вычислить передаваемое ими количество информации. Это очень удобно для сравнения информации, передаваемой в различной форме и в различных условиях соответственно сенсорным модальностям¹. Опыты были проведены с целью установления числа степеней, которые человек-оператор может различать. В этом смысле говорят об «абсолютном суждении». Возьмем искусственный пример: если бы человек мог различать только два цвета, полученное им при помощи цвета количество информации было бы равно одному биту ($\log_2 2$). Результаты основных опытов подытожены в табл. 3.4.

Очевидно, что если принимается во внимание лишь одно измерение стимула, то данные остаются довольно однородными: они располагаются примерно на уровне трех бит. Это побудило Миллера в своей знаменитой статье «Магическое число семь, плюс или минус два — некоторые пределы нашей способности к передаче информации» высказать (правда, осторожно) предположение, что «канал» человека насыщается почти во всех сенсорных модальностях приблизительно при трех битах. Совершенно очевидно, что практически человек может различать гораздо большее число стимулов, но это возможно только благодаря сочетаниям их различных

¹ Об использовании теории информации в психологии восприятия см. в работах [3, 35, 40, 59, 78].

Таблица 3.4

КОЛИЧЕСТВО ИНФОРМАЦИИ В АБСОЛЮТНЫХ ЕДИНИЦАХ
ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СВОЙСТВ СТИМУЛА [104]

Сенсорные модальности и свойства стимула	Число различае- мых уровней	Количество передаваемой информации (И) в битах
<i>Зрение</i> (отдельные свойства стимула)		
Положения стрелки на линейной шкале	9	3,1
Положения стрелки на линейной шкале (другой опыт)		
короткая экспозиция	10	3,2
длительная экспозиция	15	3,9
Размер	7	2,8
Окраска	9	3,1
Яркость	5	2,3
<i>Зрение</i> (сочетание свойств)		
Размер, яркость и окраска	17	4,1
Окраска и насыщенность	11—15	3,5—3,9
Положение точки в квадрате	24	4,6
<i>Слух</i> (отдельные свойства стимула)		
Чистые тона	5	2,3
Уровень звучности	5	2,3
<i>Слух</i> (сочетание свойств)		
Сочетание шести переменных (частота, ин- тенсивность, длительность и др.)	150	7,2
<i>Обоняние</i> (отдельные свойства)		
Сочетание свойств	4	2,0
Вид, интенсивность и число	16	4,0
<i>Вкус</i>		
Соленость	4	2,0
Степень сладости	3	1,7

свойств. В этих случаях человек производит то, что Миллер называет «укрупнением» (chunk) информации. Этот прием показывает тот путь, по которому должен следовать специалист по эргономике в тех случаях, когда сигнальное устройство передает слишком много информации.

Легко измерить количество информации, передаваемой простым экспериментальным устройством, в котором на каждый стимул приходится по одному или два свойства, а частота появления каждого из них к тому же

точно известна. К сожалению, о рабочем месте мы обычно не можем этого сказать. Например, довольно трудно рассчитать энтропию для той или иной панели информации. Правда, делать это довольно бессмысленно, так как энтропия есть статическое понятие: при его определении не принимается во внимание характер последовательных стимулов, который, однако, имеет существенное значение. Все же иногда бывает полезно оценить максимальную энтропию устройства и проверить, не превышает ли она объема канала оператора. Сравнивая энтропию измерительных приборов со скоростью и эффективностью восприятия, Палушкевич (1964) заключил, что количество информации не может служить хорошим критерием для сравнения приборов с точки зрения точности считывания, если только они не совершенно однотипны, и что изменяется только вероятность сигналов.

3. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СИГНАЛА

Приступая к вопросу об интерпретации сигнала, мы вторгаемся в обширную и почти совсем не исследованную область эргономики. Причины этого кроются, без сомнения, как в осторожности этой новой области, свойственной дебютанту, так и (об этом тоже следует сказать) в недостатке средств. Психологи совместно с некоторыми лингвистами только еще приступают к серьезному изучению вопросов кодирования и смыслового содержания сигнала, которое необходимо для интерпретации сигнала. Библиографические ссылки в области интерпретации крайне редки в отличие от области обнаружения и особенно различения сигналов. Мы надеемся, что количество исследований в этой области будет быстро расти, так как совершенно очевидно, что эргономика без разрешения данных проблем окажется беспомощной при решении основных видов операций сегодняшнего (и тем более завтрашнего) дня — умственных операций.

В настоящем разделе мы рассмотрим сначала проблемы, относящиеся к интерпретации контрольных таблиц. Эти проблемы близки к достаточно хорошо изученным вопросам, касающимся различения сигналов. Затем

обратимся в более широком плане к рабочим инструкциям и, наконец, к языковым, или семиологическим, проблемам. Мы оставили в стороне очень специфические вопросы о сенсорных заместителях (в первую очередь машины для «чтения» слепых), обзор которых можно найти в работе [13], а также об интерпретации аэрофотоснимков, которые поднимают проблемы, интересующие в равной степени специалистов по теории интерпретации и по эргономике. Подобно этому, мы здесь лишь упомянем некоторые пограничные для эргономики вопросы, относительно которых проблема интерпретации сигнала приобретает весьма своеобразный смысл: вопросы рекламы и промышленной эстетики.

3.1. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАНЕЛИ

Было показано, что когда измерительные приборы собраны на одной панели, то от их взаиморасположения зависит легкость восприятия показаний приборов. Однако в большинстве случаев показания отдельных приборов должны восприниматься оператором как взаимосвязанные. Следовательно, очень важно сгруппировать их таким образом, чтобы было облегчено понимание их функциональной взаимосвязи. Многие исследователи экспериментально показали влияние адекватной структуры панели на общую эффективность работы оператора (например, исследования Блайзом и Платом приборных досок подводных лодок или исследования панели информации электростанции, проведенные в СССР Суворовой и др.).

Истерби (1966), подчеркивая важность учета значения сигналов при проектировании панелей информации, сделал вывод о превосходстве семантических моделей над моделями, основанными на теории информации или гештальтистских концепциях.

При проектировании структуры щита управления можно исходить из различных принципов. Перечислим пять важнейших принципов, первые три из которых касаются также и различения сигналов, в то время как два последних непосредственно предназначены для облегчения интерпретации сигналов.

В основе принципа *значимости* лежит роль, которая приписывается априори некоторым сигналам главным образом из соображений безопасности. Например, аварийному сигнальному устройству (даже если оно используется очень редко) можно отвести главное место, так же как и соответствующему ему прерывателю «ударом кулака».

Принцип *оптимальной локализации* касается главным образом органов управления. В основе его лежат критерии точности И/ИЛИ скорости ответной реакции. Так, например, ручка органа управления помещается в доступную зону с тем, чтобы оператор мог манипулировать ею быстро и не сгибаясь. Этот принцип особенно соблюдается в кабинах самолетов и т. п.

Принцип *частоты использования* требует сосредоточения в центральной зоне щита тех приборов, к которым оператору приходится обращаться наиболее часто.

Функциональный принцип состоит в том, что приборы объединяются в соответствии с их функцией в общем процессе. Это наиболее «рациональный» из принципов. Выбор функции может быть различным. Например, отдельно могут быть сгруппированы шкалы и органы управления, относящиеся к трем последовательным стадиям химического производства; приборы, относящиеся к циркуляции жидкостей (насосы, клапаны), к обогреву (печь, жаровые трубы), или, скажем, приборы, измеряющие давление и температуру, и т. д.

Принцип *последовательности использования* состоит в пространственном сближении двух приборов, часто используемых совместно. Этот принцип применяется в тех случаях, где скорость восприятия приобретает решающее значение.

Часто перечисленные принципы вступают в противоречие друг с другом. Так, расположение приборов на щите в соответствии с принципом частоты использования обычно противоречит функциональному принципу. При непрерывном производстве (например, в химической промышленности) аппараты иногда имеют вертикальное расположение, что позволяет использовать силу гравитации, и тогда наблюдается противоречие между принципом оптимальной локализации и функциональным принципом. Если работа операторов разбита на этапы и все при-

боры легко доступны наблюдению, то все же слежение за всем процессом сопряжено с трудностями, так как отдельный оператор контролирует только произвольно выделенную часть этого процесса. Зато, если сама деятельность операторов предполагает контроль за вертикально расположенными аппаратами, наблюдается противоположная картина: оператор может следить за всем процессом, но при этом ему приходится часто подниматься по лестницам.

Реже встречаются исследования, относящиеся к временной переменной для представления информации. Сошлемся на работу [7], где показано, что панель, на которой одновременно представлены все действующие элементы, не является ни более легкой для усвоения, ни более эффективной, чем панель, на которой последовательно появляются только те элементы, которые необходимы в каждый данный момент времени.

Какого же принципа придерживаться? Какой компромисс позволит получить оптимальную конфигурацию? Только тщательное изучение всех переменных рабочего места может дать ответ на эти вопросы. Можно призвать на помощь и математические методы, например линейное программирование. Но в любом случае анализ труда остается необходимым. В предыдущей главе мы говорили об «анализе связей», позволяющем выразить в таблицах и графах частоту обращения к приборам или последовательность их использования. В работе [45] сделана попытка экспериментально решить проблемы, связанные с представлением электронных схем, сравнением четырех критериев: симметрии, однородности размера, однородности расположения и относительной близости.

Прежде чем закончить перечисление исследований информативных панелей, мы не можем не упомянуть, хотя бы вкратце, исследования, проводимые в настоящее время в СССР под руководством профессора Д. А. Ошанина.

Советские специалисты по эргономике изучают «оперативный образ объекта» в том виде, в каком он формируется у оператора и для оператора, — образ материального процесса, адекватный действиям (умственным) оператора при решении задач управления объектом. Этот

образ (субъективное отражение объекта) динамичен, он часто превосхищает сам процесс.

При компоновке мнемосхемы нужно иметь в виду, что необходимым условием ее эффективности является ее изоморфность как реальному процессу, так и образу этого процесса. Советские исследователи экспериментально показали, однако, что в современных автоматизированных системах управления мнемосхемы часто не только не изоморфны образу процесса, но даже вследствие своего статического характера (обычно пространственного) скорее являются помехой для оператора, вынуждая его постоянно осуществлять перекодирование, ведущее к потерям информации и ошибкам. Исследуя подробно психологию образа у оператора, они создали путем последовательных приближений экспериментальные варианты мнемосхемы, использование которых привело в лабораторных условиях к уменьшению ошибок почти в 18 раз и к значительному сокращению времени выполнения операций.

3.2. ИНСТРУКЦИИ

А. Проблема. Изучение информационных панелей, естественно, приводит к изучению инструкций. Сигнализационные табло сами по себе не имеют смысла: только данные оператору инструкции позволяют ему действовать адекватно. Сказанное верно в отношении всех операций, какими бы они ни были. Вот почему мы считаем, что определение инструкций является одной из основных задач специалистов по эргономике. К сожалению, специалисты как в Европе, так и в Америке до сих пор не слишком озабочены решением этой задачи.

Какова роль инструкции? Она точно определяет содержание трудовой деятельности оператора при любых обстоятельствах. Другими словами, инструкция определяет, какой должна быть ответная реакция на каждый сигнал, причем ответная реакция состоит в определенном образе действий оператора. Иначе говоря, инструкция придает значение каждому сигналу. Следовательно, вся инструкция строится как последовательность положений типа «при таком-то сигнале ответ должен быть таким-

то». Разумеется, почти во всех случаях, за исключением некоторых очень простых операций, должно учитываться одновременно несколько сигналов, а некоторые ответные реакции заключаются в поиске дополнительных сигналов.

В работе [103] изложена методика составления инструкций, разработанная по аналогии с методикой составления инструкций для цифровых ЭВМ, поэтому здесь мы не будем возвращаться к этому вопросу. Может быть, методика, используемая при составлении инструкций, не самое главное. Прежде всего следует заняться содержанием инструкций, имея в виду, что реальные знания оператора о его работе почти всегда переоцениваются и что подавляющее большинство неполадок и несчастных случаев происходит из-за того, что структура операций недостаточно уточнена.

Инструкция имеет непосредственное отношение к интерпретации сигнала, поскольку она определяет связи, описывающие *хронологическую* и *логическую зависимость* между сигналами и ответами на них. Поэтому мы и говорим, что она придает значение сигналам точно так же, как слово приобретает свой полный смысл только в контексте предложения, т. е. через его логические связи с другими словами. Забегая немного вперед, можно сказать, что обнаружение и различение сигналов подобны установлению парадигматического или лексического языка (т. е. значения, описываемого словарем), тогда как интерпретация сигнала подобна раскрытию его синтагматического значения (значения, определяемого всем текстом). Кроме того, инструкция определяет временные параметры операций, являющиеся для любых сколько-нибудь сложных операций их существенной характеристикой.

Одна из наиболее трудных задач при составлении инструкции заключается в установлении уровня ее сложности. Для этого необходимо определить концептуальную модель, которую оператору надлежит использовать. Но ведь представление одного и того же производственного процесса может быть более или менее сложным [33]. Приведем пример из собственной практики. На высокоавтоматизированном производстве антибиотиков качество

продукции было неудовлетворительным, причем это нельзя было отнести за счет техники. Анализ труда показал, что «концептуальная модель», предлагаемая рабочим и мастерам в форме толстых тетрадей «инструкций», являлась на деле концептуальной моделью для инженеров и биологов, разрабатывающих технологический процесс. Она была слишком обширной и трудной для операторов, поэтому они были вынуждены выдумывать для себя неофициальные инструкции, которые оказались, однако, неадекватными. Согласно этим инструкциям, мастера требовали, чтобы рабочие выполняли операции подобно «роботам»: при таком-то сигнале — такой-то ответ. Но эта модель была слишком бедной, она не позволяла должным образом реагировать на случайные, пусть даже редкие, отклонения в производственном процессе. Решение состояло в поисках и точном определении концептуальной модели операции, занимающей промежуточное положение между задачами инженера и работой робота, в создании элементарной «логики» операций, простых, но обладающих определенной структурой, а потому приобретающих для операторов смысл.

В этой области предстоит еще многое сделать, так как пока очень мало известно о механизмах субъективного представления сложного физического процесса. Возможно, свет на этот вопрос прольют исследования в области программированного обучения совместно с исследованием процессов решения проблем, которые ставят своей целью определить для разных категорий лиц оптимальные способы структурирования сложного материала (например, математического). Практические указания по составлению инструкций можно найти в работах [128, 131].

Б. Инструкции по ремонту. На ремонтных операциях особенно удобно изучать инструкции, так как поиск неисправности является, в сущности, логическим процессом, который может быть смоделирован в экспериментальных условиях. Вот почему исследования в данной области не так редки (в отличие от инструкций вообще), и даже появилась возможность определить оптимальные стратегии обнаружения неисправностей и эффективные методы обучения ремонтным операциям.

В работе [43] сделан краткий обзор наиболее значительных американских исследований в этой области. Так, Кендри и др. (1960) сравнивали три типа монтажа электронных схем: монтаж по целям (группировка в отдельные «узлы»), поэлементный монтаж (все лампы вместе, все трансформаторы вместе и т. д.) и монтаж по «логическому потоку» в соответствии с прохождением электрического сигнала. Зависимыми переменными были время локализации повреждения, количество элементов, исключенных за данное время, и субъективные суждения. При выполнении операций разной сложности сравнивалась работа специалистов двух групп — опытных и неопытных. Наиболее эффективным оказался метод «логического потока», используемый опытными специалистами.

Работы других авторов, направленные на изучение и сравнение стратегий, вырабатываемых самими операторами, подчеркивают большое значение обучения. Чтобы облегчить обучение, были предложены методы, позволяющие быстро упорядочить различные сигналы по отношению друг к другу, а затем действовать в соответствии с оптимальной стратегией. Наиболее оригинальными являются методы, основанные на принципе программированного обучения (разветвленный метод): обучающее устройство, давая ученику возможность совершать любой ход, исправляет неверные и закрепляет верные ходы [Глейзер и др. (1960), Ригни и др. (1961)].

3.3. СЕМИОТИКА

А. Проблема. «Язык есть система знаков, выражающая идеи. Тем самым он сравним с письменностью, азбукой глухонемых, символическими правилами, формами вежливости, военными сигналами и т. п. Но только он является наиболее важной из всех этих систем. Можно представить себе науку, изучающую знаки и их функцию в общественной жизни; она была бы частью социальной, а следовательно, и общей психологии. Мы назовем ее семиотикой (от греческого *semeion* — знак). Благодаря ей мы узнали бы, что собой представляют знаки и каковы управляющие ими законы».

Это предвидение Соссюра, высказанное им в начале нашего века, только начинает сбываться. Мы полагаем, что одной из задач эргономики будущего явится построение семиотики сигналов в трудовых процессах. Такие сигналы представляют собой «языки» особого типа, правила которых должны быть ясно выражены. Теория информации способствовала выяснению проблем обнаружения и различения. Но она была бессильна в отношении проблем интерпретации, так как ее не интересует смысловая сторона сообщения. Семиотический подход, очевидно, должен способствовать значительному прогрессу в области изучения смыслового содержания сигналов.

До недавнего времени психологи и лингвисты за редким исключением игнорировали друг друга. Но за последние годы намечается сближение этих двух наук и наблюдается обновление данных психологии по вопросам языка [20].

Благодаря лингвистическому методу анализа языковых явлений и хорошо разработанному техническому словарю психолог прежде всего находит у лингвиста весьма эффективный рабочий инструмент. Семиотика использует лингвистическую терминологию, распространяя ее не только на словесные знаки. Понятия знака, обозначаемого, обозначающего, обозначения (кода), мотивации, символа, парадигмы, синтагмы и другие могут быть немедленно использованы психологом, а в будущем и специалистом по эргономике (о смысле семиотических терминов см. работу [10]).

Почему мы говорим о семиотике, а не просто о лингвистике? Потому что в системах «человек и машина» человек общается с машиной не только посредством слов, принадлежащих какому-то языку (французскому, английскому и т. д.), но также и посредством знаков. Ситуация в данном случае подобна ситуациям, наблюдаемым при таких способах связи, как дорожная сигнализация, картография, реклама, язык пчел и т. п., которые не принадлежат к лингвистическим процессам. Например, дорожные сигналы не эквивалентны словам в языке. Они не сочетаются с другими дорожными сигналами, как сочетаются между собой слова. Кроме того, нельзя выделить части какого-то одного дорожного знака и по-

строить из них новый сигнал, как мы это делаем с буквами, строя из них все новые слова. Языки характеризуются сочетаниями между словами и между составными частями слов, которые лингвисты называют двойной артикуляцией; в транслингвистических системах связи мы не находим ничего подобного¹.

Первичные (элементарные) единицы этих систем соответствуют предложению. Дорожный сигнал приказывает («стоянка запрещена») или информирует («скользящая дорога»); то же самое можно сказать и о большинстве сигналов на рабочих местах. Вспышка сигнальной лампы может соответствовать приказу («уменьшить расход горючего») или сообщению («двигатель работает»).

Хотя большинство сигналов в трудовой деятельности соответствует предложениям, а не словам, это не означает, однако, что такие сигналы не связаны между собой и что незачем заниматься «речью», образуемой для оператора функционально сочлененными сигналами-предложениями. Но для подобных исследований лингвистика в настоящее время недостаточно вооружена (наступит ли день пришествия эргономической риторики?).

С другой стороны, не следует забывать, что для оператора система связи посредством сигналов накладывается на его собственную лингвистическую систему и что именно в терминах этой системы языка он получает важную часть информации относительно работы: инструкции, указания, написанные на приборах, и т. д. Поэтому специалист по эргономике должен заниматься одновременно как семиотическим, так и чисто лингвистическим анализом.

К *семиотическим* проблемам эргономики относятся главным образом проблемы *кодирования*. Основные промышленные коды состоят либо из слов, либо из фраз. В качестве примера слов можно сослаться на цветовые коды трубопроводов в химической промышленности (голубой — вода, белый — кислород и т. п.), различные идеографические этикетки, буквенные или числовые коды каталогов, реестров, инвентарных списков и т. д. Примерами фраз являются следующие сигналы: красная сиг-

¹ О семиотике см. работу [115].

нальная лампочка, обозначающая в зависимости от обстоятельств «машина работает хорошо», «машина работает плохо» или «открыть второй клапан»; изображение рюмки, обозначающее «обращаться осторожно»; кривая самописца, обозначающая «возрастает» или «падает», и многие другие.

Кодирование может иметь разную природу. Можно выбрать «абстрактные» знаки (цветная сигнальная лампа, геометрическая форма), т. е. знаки без «мотивации» (в лингвистическом смысле слова) между обозначающим и обозначаемым. Можно, наоборот, выбрать «символические» знаки, сильно «мотивированные» (зажженная спичка как сигнал опасности пожара). Конечно, существуют и промежуточные уровни. Чтобы сделать правильный выбор, необходимо учитывать и естественные условия, в которых находится оператор. Существуют немотивированные, но хорошо понятные знаки (красный огонь — стоп, стрелка — направление), которые так же сильны, как и мотивированные знаки, не говоря уже о таких понятных знаках, как слова.

Ниже мы даем примеры исследований кодов. Их еще мало вообще, а применительно к чисто лингвистическим проблемам они, насколько нам известно, практически отсутствуют.

В статье Д. А. Ошанина и др. «О некоторых задачах исследования системы «человек и автомат» поставлена задача: «...определить оптимальные способы сигнализации в зависимости от необходимости, особенностей и условий второсигнальной переработки информации. Ведь при такой переработке экстероцептивные сигналы, как раздражители первой сигнальной системы, нуждаются в специальной перешифровке, состоящей в переводе из первой во вторую сигнальную систему». Форд и Холмс (1963) начали исследование значения грамматической структуры для понимания информации. Они не пришли пока к определенным выводам, если не считать нескольких советов по аннотированию докладов. Имс и Старр (1965) подчеркнули необходимость улучшения технических публикаций, особенно руководств по обслуживанию. Критическую постановку проблемы языка впервые в эргономике мы находим опять-таки у Чапаниса в работе [30]. Не пред-

лагая конкретное решения, он ясно указывает направления, по которым должны развиваться исследования. «Цель этой статьи,— говорит он,— привлечь внимание к очень обширной и очень важной области эргономики, которой до сих пор почти не занимались. Это область языка и слов и их связи с рабочими инструментами, машинами, системами и операциями». Связав данную проблему с проблемой значения конкретных действий человека (что исключает использование теории информации в качестве модели) и показав затем, что слова являются составной частью современных систем «человек и машина», Чапанис приводит несколько примеров совершенно неудовлетворительных текстов инструкций, вывешиваемых в лифтах, описания радиоламп, инструкций по окраске, инструкций по пользованию телефонными автоматами и т. п. В программе, приведенной в конце статьи, указываются такие области исследования языка (в эргономике), как приспособление к данной задаче методов анализа труда, исследование критериев понятности, изучение символических несловесных сигналов, сопоставление под углом зрения рассматриваемой проблемы различных по своему культурному уровню групп людей.

Можно пойти дальше и пометать. Азимов показал в одном из научно-фантастических романов некоего логика, задача которого через несколько веков будет состоять в том, чтобы передать несколькими символами содержание написанных произведений и речей. Он будет решительно извлекать смысл, и только смысл, из того потока слов, которые иногда вообще не имеют никакого смысла. Но нужно ли дожидаться образования Галактической Империи? Письменная и разговорная речь является в настоящее время (и, без сомнения, останется) основным средством общения среди работников промышленности и в любой другой среде. А между тем умение обращаться с этим средством остается все еще искусством, плохо освоенным и скверно преподаваемым. Почему бы не представить себе вслед за Лейбницем логику речи, которая позволила бы каждому составить и передать любое сообщение без затруднений, двусмысленностей и длиннот, не считая вполне оправданной определенную избыточность? С тех пор как человек стал общаться с элек-

тронно-вычислительной машиной, подобная перспектива, может быть, не является больше утопией?

Б. Примеры исследования кодов. Прежде всего уточним, что в данном разделе рассматриваются только коды сигнал — сигнал в противоположность кодам сигнал — ответная реакция. К последним мы обратимся в следующей главе. Здесь не будет также идти речь и о сравнении различных типов сигналов по критерию обнаружения или различения сигнала. Кодирование мы имеем в том случае, если оператор сделал «перевод» одного элемента (обозначаемого) в другой (обозначающий).

Сошлемся сначала на исследования, проведенные в Институте им. Беттела, особенно на исследование Хитта (1961). Он сравнивает эффективность пяти методов «абстрактного кодирования»: цифры, прописные буквы, геометрические формы, «конфигурации» (расположение одной или двух черных клеток на матрице из 2×2 клеток) и цвета. Берется 8 кодируемых элементов. Другими переменными являются плотность одновременно предъявленных элементов и 5 операций (идентификация, локализация, счет, сравнение и проверка). При идентификации наилучшие результаты получены для кодов «Числа» и «Цвета». Во всех остальных операциях различия не достоверны. Подобные результаты получили Кристнер и Рей (Battelle Institute, 1961) применительно к обозначениям на бумажных флажках, прикалываемых булавками на географические карты. Исследования «пиктограмм», т. е. символического представления информации, пока еще довольно несвязны¹. Что касается дорожных сигналов, символические знаки понимаются лучше, чем словесные (Уокер и др., 1965; Бертон, 1965; Йоханссон и др., 1966). Приведенные данные сходны с результатами, полученными в работах [56, 57], сопоставлявших время реакции на конкретные стимулы-предметы (название) и на соответствующие написанные слова (чтение). Время называния больше, чем время чтения, причем между тем

¹ Ж. Бертен в обширной работе по графической семiotике дает большое число практических указаний относительно построения диаграмм, схем, карт и т. п. Но все эти указания являются лишь результатом отдельных экспериментальных исследований.

и другим временем разница возрастает, с одной стороны, как функция количества информации (возможности появления стимула), с другой — как функция различимости, влияющей на время реакции на конкретные стимулы.

В промышленности проводились опыты по изучению графических кодов на электроннолучевых трубках (Хауэлл и Фукс, 1961), символов на щитах управления (Попеску и др., 1964), обозначений проводов в электронных схемах, где цветовые коды оказались более эффективными, чем числовые (Харрис и др., 1964), и т. п. Бейкер (1962) указывает на несколько попыток построения символических кодов для радиолокаторов. Например, 7—8 степеней скорости успешно кодируются кругами разных диаметров или разными видами эллипсов, но все это относится скорее к области различения. Интерпретации более непосредственно касаются исследования Торре и Сандерса (1958). Авторы использовали метод свободной ассоциации для определения символов, наиболее тесно связанных с понятиями «враг», «друг» и «незнакомец». Они нашли, что открытые формы, состоящие из прямых линий, легче связываются с понятием «враг», замкнутые формы — с понятием «друг», а формы, состоящие из кривых линий, — с понятием «незнакомец». Во второй своей работе, используя результаты первой работы, эти авторы установили символы для понятия «враг» — круг, перечерченный крестом; для понятия «друг» — пятиконечную звезду; для понятия «незнакомец» — вопросительный знак.

Совместно с П. Мореном авторами были предприняты более систематические исследования. В первом из них изучались следующие переменные.

Типы кодов. При проведении опыта кодировались лишь отдельные «слова» (в более позднем опыте кодировались «предложения»). Сначала была определена однородная лексика: широко известные названия различных видов спорта. Разработано три кода (фиг. 21). Первый код (А) представляет собой идеографические символические изображения. Второй код (В) «абстрактен», он был составлен из начальной буквы слова (французское название вида спорта) и первой буквы подвида, к которому относится данный вид спорта: одиночный

Исходная лексика	Код А	Код В	Код С
Тяжелая атлетика	●	S/P	Сила
Диск	◎	S/D	Греция
Рапира	┌	D/F	Подвижность
Сабля	┐	D/S	Танец
Велосипед	⊗	C/C	Реклама
Плавание	⊙	C/N	Лето
Футбол	┌┐	E/F	Воскресенье
Регби	└┘	E/R	Полдень
...

Ф и г. 21. Несколько элементов из трех кодов: «символического» (А), «абстрактного» (В) и «словесного» (С).

(S — seul), парный (D — à deux) или командный (E — en équipe). Третий код (С) ассоциирует каждое слово (название вида спорта) с другим словом, определенным в ходе предварительного исследования ассоциативного вербального поля.

Количество информации. Для каждого кода выбрано два уровня количества информации: 8 символов и 32 символа.

Помехи. Третьей переменной, интересующей нас здесь меньше, является наличие или отсутствие «психологического стресса», вызываемого неприятными для субъекта раздражителями (разряд конденсатора, пистолетный выстрел).

Зависимые переменные. Продолжительность обучения, ошибки, время реакции.

Испытуемые имели примерно один культурный уровень и один уровень умственного развития. Задание состояло в «переводе» закодированных слов, предъявляемых на экране.

Различий в продолжительности обучения не наблюдалось. Что же касается ошибок и времени реакции, то можно сделать следующие общие выводы: идеографический код (А) явно превосходит остальные по надежности (ошибки) и скорости (время реакции). «Абстрактный код» (В) занимает второе место по надежности и

третье по скорости. «Словесный» код (С) весьма плох с точки зрения надежности и посредствен с точки зрения скорости. «Психологический стресс» не оказывает заметного влияния, равно как и длина алфавита. Однако следует предостеречь от слишком поспешного обобщения результатов, полученных в экспериментальных условиях, далеких от условий реального рабочего места.

С этим опытом можно сопоставить исследование теми же авторами наилучшей формы этикеток для склада готовой продукции (разд. 2). Анализ труда показал, что наиболее частые ошибки допускаются в отношении близких марок (Житан, Баяр и др.), но имеющих различные особенности (фильтр, мансовая бумага и т. п.), причем ошибки относятся именно к этим особенностям. Чтобы избежать подобных ошибок, в эксперименте применялись этикетки, на которых особенности марки были изображены «мотивированным» символическим знаком (рисунок фильтра, початок кукурузы и т. п.).

Контрольная группа работала с несимволическими этикетками (обычные слова). Полученные результаты показали, что при классификации количество ошибок одинаково в обеих группах, но что ошибки в группах сильно отличаются по виду. В символизированной серии большая часть ошибок относилась к виду продукции, а меньшая — к ее особенностям. В несимволизированной серии были получены противоположные результаты: ошибки чаще касались особенностей, чем вида продукции. Создается впечатление, что символизированная часть сообщения «насыщает» перцептивный канал в ущерб несимволизированной части.

Для исследования этого вопроса были поставлены специальные эксперименты. Цель их — определить, помогают ли оператору «немотивированные» признаки. Опыты привели к следующим общим выводам. Для испытуемых, отличающихся низким культурным уровнем (складские рабочие), при любом кодировании качество исполнения низкое. Идеальной является этикетка, все характеристики которой находятся во взаимно однозначном соответствии с продукцией, даже в том случае, когда виды продукции многочисленны. Этот немного разочаровывающий вывод говорит о том, что при выполнении операций

такого рода рабочие не достигают уровня интерпретации, их деятельность эффективна только на уровне различения. Однако наши исследования показали также, что, как только культурный уровень исполнителей повышается, использование ими категорий, т. е. кодов, имеющих смысловое содержание, улучшает качество выполнения операций.

В. Язык вычислительных машин. Частным случаем общения между человеком и машиной является язык, используемый человеком для связи с вычислительной машиной. И дело не только в переводе человеком того, что сообщает машина, но и в обратном процессе. Речь идет, следовательно, и в самом деле о языке. Данному вопросу посвящено очень немного эргономических исследований (здесь мы не имеем в виду понятие «выходных данных», прием которых происходит на уровне различения). Однако и в этой области имеется прекрасный пример необходимого сотрудничества между инженером и психологом. Сотрудничество это должно идти по двум линиям: по линии программирования для цифровых вычислительных машин и по линии связей «человек и машина» в системах в реальном времени. В последнем случае существуют интересные проблемы, возникающие в связи с большим разрывом в скорости работы двух подсистем.

Сошлемся только на два исследования. Они лишь затрагивают данную тему. Поэтому следует еще раз высказать пожелание, чтобы в дальнейшем вопрос языка в системах «человек и вычислительная машина» стал предметом более широких эргономических исследований¹. Минор и Ревесман (1961) сравнивали устройства, в которых используются двоичные, двоично-десятичные и смешанные коды. Лучшим был признан двоично-десятичный код. Бейкер и Уайтхерст (1963) сравнили два способа кодирования символов, используемых в логических диаграммах, которые составляют на начальных этапах программирования для вычислительных машин.

¹ Этому вопросу были посвящены два сообщения на Симпозиуме по системам «человек и машина» на Международном конгрессе психологов в Москве (1966): доклады Панова (СССР) и Ликлайдера (США).

Первый из этих способов состоял в использовании геометрических форм (круги, квадраты, треугольники и т. п.), второй — в использовании букв (А, В, С, ...). В отношении времени решения задач первый способ оказался более эффективным.

В заключение следует отметить исследования связей между человеком и вычислительным устройством, проводимые в рамках программированного обучения. Вычислительным устройством в данном случае является обучающая машина. Однако эти вопросы уже выходят за пределы эргономики.

РЕЗЮМЕ

При исследовании восприятия сигналов, имеющем существенное значение для эргономических основ проектирования рабочего места, различаются три иерархически расположенных вида операций: обнаружение, различение и интерпретация сигналов.

В области обнаружения сигнала наиболее многочисленные и полезные исследования относятся к бдительности, т. е. к операциям, состоящим в обнаружении оператором сигнала, случайного во времени или в пространстве. Проанализированы только задачи визуальной бдительности. Экспериментально показано влияние в основном следующих переменных: сенсорной модальности, интенсивности сигнала, плотности сигналов, изменений в плотности сигналов, длительности интервалов между сигналами, числа категорий сигналов, роли нейтральных сигналов, структуры сигнального поля, свободного или вынужденного ритма, перерывов, длительности операции, рабочих инструкций, непосредственного ознакомления с результатами действий, мотивации, факторов окружающей среды, сна и химических стимуляторов, групповых факторов, индивидуальных факторов.

Когда сигналы близки к пороговому значению, для интерпретации опытов может быть использована модель, заимствованная из теории решения.

По вопросам различения сигнала значительное количество работ, посвященных сигнальным устройствам,

опубликовано на английском языке. Дан обзор этих работ. Произведена их классификация. Затем приведено несколько примеров экспериментального изучения шкал. Сделаны некоторые рекомендации в связи с расположением шкал на щитах с целью их лучшего различения. Несколько примеров экспериментального изучения шкал. Кратко упомянута относительно новая область представления «выходных» данных вычислительных машин.

В связи с различением сигналов встает проблема насыщения сенсорного «канала» человека. Она исследована с помощью теории информации, позволяющей, по-видимому, сделать вывод о наличии констант.

Исследований, относящихся к проблеме интерпретации сигнала, значительно меньше, несмотря на то что решение вопросов, возникающих в данной связи, не терпит отлагательства. Несколько работ, касающихся панелей информации, имеют цель облегчить интерпретацию воспринимаемых сигналов. Но эргономика еще только приступает к исследованию рабочих инструкций, так же, как и к более общей области семиотических проблем.

Эргономика рабочего места. Ответные реакции. Факторы окружающей среды

1. ИЗУЧЕНИЕ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ В ЭРГОНОМИКЕ

Отделение ответной реакции от сигнала искусственно. В эргономике нельзя отделять ответные действия оператора от вызывающего их сигнала и изучать эти действия обособленно. Любой трудовой процесс состоит из последовательного ряда сигналов и соответствующих им ответных реакций. Впрочем, показателен уже сам термин «ответная реакция». В нем подчеркнута, что ответное действие является реакцией на «вопрос», который машина ставит посредством сигнала. В эргономике не только нельзя представить себе ответ без сигнала, но и само изучение ответа ставится в зависимость от изучения сигнала.

Отсюда следуют два вывода. Первый относится к сравнительно ограниченному значению исследований ответных реакций оператора. В большинстве случаев ответные реакции рассматриваются как зависимые переменные, и только системы сигнализации являются независимыми. Особенно это касается исследования операций, связанных с бдительностью, речь о которых шла в предыдущей главе. При выполнении таких операций сложность ответной реакции почти всегда сведена к минимуму: нажать на ключ (неважно, каким образом) в соот-

ветствии с бинарным кодом («видно» — «не видно»). В промышленности основная задача контролера за качеством продукции или оператора, наблюдающего за ходом процесса, часто состоит просто в том, чтобы воспринять неполадку (дефект) и «сообщить» (машине), что она воспринята. Следовательно, незачем долго распространяться о механизме ответной реакции или, тем более, посвящать этому отдельную главу.

Однако существуют и такие операции, основная трудность которых состоит не в восприятии сигнала, а в адекватном ответе на сигнал. Эта трудность может заключаться либо просто в необходимости обычно отреагировать на сигнал, либо, чаще всего, отреагировать очень быстро в соответствии с кодом сигнал — ответная реакция, который является не просто бинарным, а требует учета более тонких отношений: каждому сигналу соответствует своя, отличная от других, ответная реакция. В настоящей главе мы дадим краткий обзор операций такого рода, а также операций, которые состоят в приспособлении непрерывного ответа к непрерывно изменяющемуся сигналу.

Большинство проведенных в данной области исследований относится к усовершенствованию рабочих мест типа управления транспортными средствами (автомобилем, самолетом и т. п.). Здесь в гораздо большей мере, чем на рабочих местах в промышленности, необходимость быстрой реакции требует особого внимания к ответным действиям. Если летчик при виде отклонения стрелки перемещает рычаг управления в ошибочном направлении, то имеет место неадекватная ответная реакция, и, следовательно, необходимо искать пути улучшения связи сигнал — ответ. Но если оператор, находясь у штурвала управления, спокойно манипулирует не тем клапаном в ответ на какой-либо сигнал, то речь идет скорее о неправильной интерпретации сигнала. Оператору следует лучше понять выполняемые операции, а это можно сделать, например, путем усовершенствования конструкций. Конечно, данное различие не имеет под собой твердой теоретической основы. И все же оно полезно, поскольку помогает отнести данный вопрос к одной из хорошо дифференцируемых конкретных проблем и, следо-

вательно, правильно связать его решение с рядом других вопросов.

Вторым следствием зависимости ответной реакции от сигнала является то положение, что в эргономике не может иметь места изучение «чистого» ответа в отрыве от сигнала. Мы уже видели, что изучение ощущений как таковых является для эргономики пограничным. Строевые рецепторы человека не имеют такого прямого отношения к системе «человек и машина», как к механизмам восприятия. Подобно этому специалиста по эргономике не должны занимать эффекторные и моторные механизмы человека-оператора. Конечно, он должен знать их основные особенности и, в первую очередь, их предельные возможности, но его интересует прежде всего их использование при осуществлении ответной реакции на сигнал. Специалист по эргономике всегда рассматривает труд с точки зрения высшей нервной деятельности. Эргономика — не гигиена труда.

В данной главе за вопросами приспособления ответных реакций следует рассмотрение факторов окружающей среды (температура, шумы и т. п.). Следует сразу признать, что такое расположение является спорным. Мы попытаемся его оправдать.

Мы не будем подробно останавливаться на методах измерения продолжительности рабочих движений оператора, хронометрировании, временных стандартах и т. п. Известно, конечно, что они имеют большое значение для организации текущей работы в цехах. Но они рассматривают рабочие движения исключительно с количественной точки зрения, в то время как эргономику интересует прежде всего их качественная сторона. Нормировщик изучает исключительно установленные рабочие приемы. Цель же эргономики — исследование рабочего места и на этой основе установление оптимальных приемов работы. И если таким исследованием пока еще занимается нормировщик, то это означает, что он выполняет функции специалиста по эргономике.

2. ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ

Основные данные, касающиеся двигательной деятельности человека, изложены в руководствах на английском языке [94, 104, 134]. Французские антропометрические данные можно найти в работах [14, 133], причем в работе [133] показано, каким образом эти данные могут быть использованы при проектировании рабочих мест.

2.1. ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

Прежде чем заняться приспособлением ответной реакции оператора к сигналу, необходимо сказать несколько слов о приспособлении органов управления¹.

Наиболее распространенные органы управления можно разделить на две основные категории: передаточные механизмы периодического и непрерывного действия. К первым относятся кнопки (ножные или ручные), педали, двухпозиционные или многопозиционные переключатели, многопозиционные рычаги (типа рычага переключения скорости) и т. п. Ко второй категории относятся штурвалы, рули, вращающиеся ручки настройки и т. п. Чтобы приспособить эти органы управления к их функциям, необходимо учитывать ряд факторов: их форму, размеры, особенности хода, положение относительно оператора и прежде всего назначение. С точки зрения эффективности управления выбор органа управления является без сомнения определяющим фактором. Различные исследования, посвященные данному вопросу, обобщаются в сводной табл. 4.1 (см. также [94], приложение С).

Естественно, если необходимо сочетать несколько органов управления для того, чтобы приспособить ответную реакцию к сообщениям, поступающим от нескольких сигнальных устройств, то приведенных суммарных показателей уже недостаточно и необходимо провести специальные исследования с учетом всей совокупности переменных.

¹ Проблемы, касающиеся *зрительного восприятия* органов управления, рассматриваемого в этом случае как сигнал, были поставлены в гл. 3, разд. 2.1.

Таблица 4.1

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ
ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

Типы органов управления	Дискретное действие. Размеры кода	Непрерывное действие. Возможная точность движений	Возможность контроля		Примеры сигнальных устройств, обычно связанных с данным органом управления
			визуального	тактильного	
Ручная кнопка управления	2		Ничтожная	Ничтожная	Почти всегда индикаторы типа „да—нет“ (например, сигнальные лампы)
Ножная кнопка управления	2		То же	То же	
Однопозиционный переключатель	2—3		Средняя	Хорошая	
Двухпозиционный переключатель	4—5		Посредственная	Средняя	
Вращающаяся ручка настройки	от 2 до 25		Хорошая	Ничтожная, более чем на $\frac{3}{4}$ положения	
Качающаяся педаль с двумя положениями	2		Посредственная	Хорошая	
Рычаг (типа рычага переключения скоростей)	2—6		То же	То же	

Продолжение

Типы органов управления	Дискретное действие. Размеры кода	Непрерывное действие. Возможная точность движений	Возможность контроля		Примеры сигнальных устройств, обычно связанных с данным органом управления
			визуального	тактильного	
Штурвал		Соответствует уменьшению числа оборотов	Посредственная	Средняя	Круглый циферблат
Автомобильный руль		То же	Ничтожная	То же	Круглый циферблат или горизонтальная шкала
Однопозиционный рычаг		Средняя	Посредственная	» »	Вертикальная шкала
Двухпозиционный рычаг (ручка управления, как в самолете)		То же	Весьма посредственная	» »	Часто комбинация нескольких приборов (особенно циферблатов)
Поворотная ручка (как у радиоприемника)		Хорошая	Ничтожная	Ничтожная	Круглые циферблаты или горизонтальные шкалы

Несколько интересных исследований посвящено *динамическим* характеристикам органов управления с целью определения оптимального сопротивления, которое они должны оказывать усилию оператора. При этом различают: упругое сопротивление (обычно осуществляемое пружиной), линейно или нелинейно меняющееся при передвижении; амортизацию вязкостью благодаря силе, противоположной движению и пропорциональной скорости движения; статическое трение, вначале очень сильное, но быстро уменьшающееся при движении; кулоново трение (постоянное сопротивление безотносительно к скорости или передвижению); инерцию, определяемую массой и зависящую от ускорения.

2.2. ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ К ДИСКРЕТНЫМ СИГНАЛАМ

А. Время реакции. Время реакции является наиболее простым измеренным ответной реакции. Его определению посвящены многие экспериментально-психологические исследования [32]. Внимание к времени реакции, особенно реакции выбора, в последнее время вновь оживилось в связи с появлением некоторого количества весьма интересных в теоретическом отношении работ, касающихся математических моделей, лучше всего соответствующих наблюдаемым результатам [42].

Мы не будем здесь долго останавливаться на времени реакции, какой бы интерес ни представляло его изучение. На практике чрезвычайно редко встречаются рабочие места, на которых допустимое время ответной реакции ограничивается долями секунды. Поэтому в опытах по эргономике, проводимых с целью сравнения различных типов сигнализации, время ответной реакции используется наряду с ошибками скорее как дополнительная зависящая переменная. Для объяснения вариативности времени реакции было предложено много моделей, основанных на теории информации [85, 87]. Почти все опыты принимают в расчет линейную зависимость между средним количеством информации (И), передаваемой сигналом, и временем реакции (ВР) на эти сигналы. Поэтому все

модели принадлежат к типу $BP = a + bИ$. При многочисленных ошибках эта модель принимает вид $BP = a + bИП$, где ИП — количество переданной информации. Таким образом, соотношение между количеством информации, переданной сигналом, и количеством информации, переданной оператором при ответной реакции, удобно изучать косвенным путем через время ответной реакции (см. далее и п. Б).

Модели теории информации в некоторых случаях позволяют также выдвигать гипотезы относительно более рационального построения операций типа рассортировки или наблюдения. В самом деле, если время реакции является функцией количества информации, передаваемой сигнальным устройством, то любое уменьшение неопределенности должно иметь как следствие ускорение трудового процесса. Так, опыты показали, что *предвосхищение* оператором вида очередного сигнала или момента его появления ускоряет время реакции. Поэтому при выполнении операций, требующих очень быстрой реакции, целесообразно критическим сигналам предпослать предупредительные сигналы, конечно, в тех редких случаях, когда это возможно осуществить.

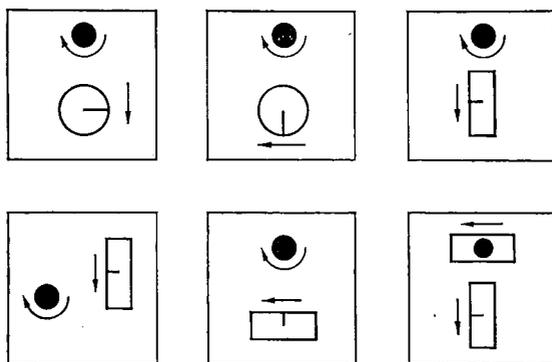
Б. Кодирование «сигнал — ответ». В гл. 3 мы говорили о проблемах кодирования «сообщение — сигнал» (обозначаемое и обозначающее). Эти проблемы относятся к вопросам интерпретации сигнала. Однако вопросы кодирования возникают также, хотя и гораздо реже, в тех случаях, когда речь идет о соотношении системы сигналов и системы соответствующих им ответных реакций [84, 85]. Данные этих работ будут неоднократно использованы в настоящем разделе.

Собственно о кодировании «стимул — реакция» можно говорить лишь в тех случаях, когда оператор приспосабливает к дискретным сигналам дискретные же ответы. Если же и сигналы и ответы непрерывны, речь идет скорее о «слежении» (разд. 2.3).

Мы будем различать изучение *стереотипов*, т. е. соответствия между типом сигнала и типом ответа, и изучение *совместимости*, т. е. соответствия между некоторой совокупностью сигналов и некоторой совокупностью ответов.

Стереотипом называют устойчивую «естественную», или «спонтанную», связь между сигналом и ответом. Следовательно, стереотип определяется статистическим критерием. Самый простой пример стереотипа — направление закрытия крана или клапана по часовой стрелке. Обычно стереотипы являются общественно-культурными, а иногда и анатомическими факторами.

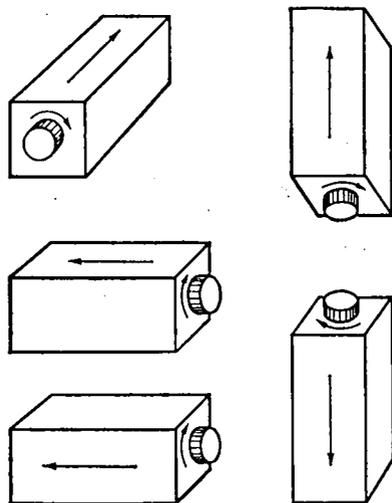
Изучение стереотипов может иметь большое значение, когда необходимо обеспечить очень быструю и



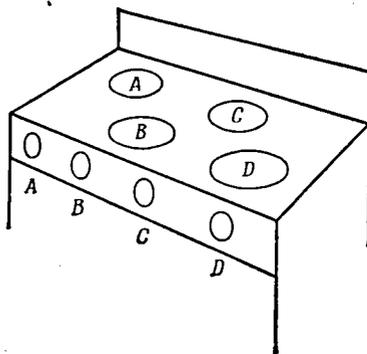
Фиг. 22. Примеры стереотипов направления движения, когда сигналы и ответы расположены в одной плоскости [85—89].

адекватную реакцию. Это относится, например, к авиации. Так, по статистическим данным [53] 17% ошибок пилотирования происходят из-за поворота органа управления в направлении, противоположном требуемому. Не удивительно, что стереотипы были частым объектом экспериментального исследования [92]. Мы сошлемся лишь на некоторые из этих исследований.

Относительно *направления* движения стереотипы особенно проявляются в тех случаях, когда сигнальные приборы и органы управления находятся в одной и той же плоскости. На фиг. 22 приведено несколько примеров таких стереотипов, правда, не имеющих равного значения. Вообще можно отметить явно выраженную тенденцию к повороту ручки по часовой стрелке независимо от направления сигнала, особенно в тех случаях, когда



Ф и г. 23. Стереотипы направления движения, когда сигналы и ответы расположены в разных плоскостях. [D. H. Holding, The Effect of Initial Pointer Position on Display-Control Relationship, *Occupational Psychology*, 31, 126 (1957).]



Ф и г. 24. Пример стереотипа расположения; оптимальное расположение горелок и кранов на кухонной плите.

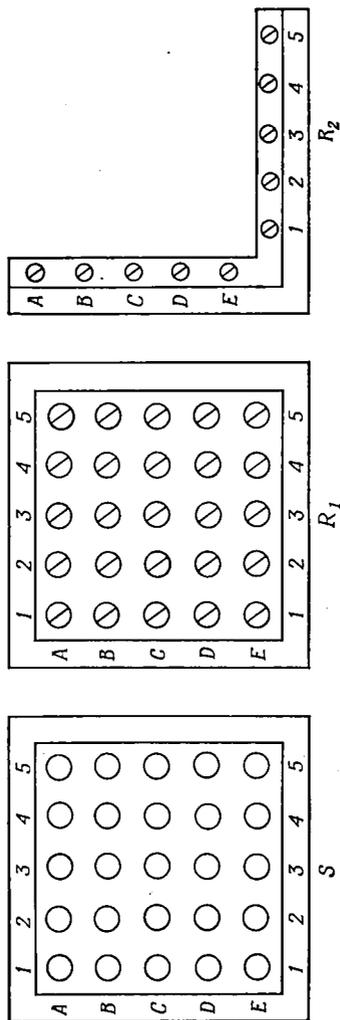
ручка и сигнал расположены в различных плоскостях (фиг. 23).

Что касается стереотипов *взаимного расположения* сигнальных устройств и органов управления, классическим примером является исследование расположения кранов для четырех горелок на плите, проведенное Чапанисом и Линденбаумом (1959). Наилучшее расположение показано на фиг. 24.

Большой интерес для организации рабочих мест представляют, по нашему мнению, эксперименты, относящиеся к *совместимости* между совокупностью средств сигнализации и совокупностью органов управления. Здесь можно скорее говорить о кодах, сравнимых между собой.

В любом случае наилучшим расположением является такое, при котором пространственная конфигурация обеих совокупностей (сигналов и ответов) идентична или почти идентична. В идеальном случае каждый орган управления помещается непосредственно под соответствующим сигналом. Однако для этого, конечно, необходимо, чтобы существовало взаимно однозначное соответствие между тем и другим, что не всегда возможно. В этом отношении часто ссылаются на опыт Ноулса и др. (1953) (фиг. 25): при вспышке света на табло испытуемый отвечает нажимом на одну из нескольких соответствующих кнопок. Сигналы предъявляются с различной скоростью. Совместимая система в отношении ошибок не чувствительна к увеличению скорости, в то время как несовместимая весьма чувствительна к нему. Фитс и Сигер (1953) сравнивали три сигнальных устройства с тремя пультами управления (фиг. 26). В любом случае можно передать 8 сигналов: в устройстве *Sa* вспыхивает одна из восьми ламп, в устройстве *Sb* — одна из четырех ламп либо пара соседних ламп, в устройстве *Sc* — одна или две лампы (по одной в каждом из двух элементов). Для ответов необходимо перемещать указатели на более или менее совместимых пультах различной формы, начиная всегда от центра. Полученные результаты говорят о большом значении пространственного подобия.

Некоторые опыты демонстрируют преимущество пространственного кодирования над символическим



Ф и г. 25.

S — сигнальное устройство; R₁ и R₂ — пульта управления; S — R₁ — совместимы; S — R₂ — совместимы в гораздо меньшей степени.

		<i>Ra</i>	<i>Rb</i>	<i>Rc</i>	
					
<i>Sa</i>		TR 0,39 E 4,4 B 0,26	TR 0,43 E 7,5 B 0,47	TR 0,58 E 11,6 B 0,69	
		TR 0,45 E 6,6 B 0,40	TR 0,41 E 3,4 B 0,22	TR 0,58 E 17,8 B 0,86	
<i>Sb</i>		TR 0,77 E 16,3 B 0,76	TR 0,58 E 18,8 B 0,83	TR 0,48 E 8,44 B 0,50	
					
<i>Sc</i>					

Ф и г. 26.

Опыт показывает влияние совместности систем сигнализации (*Sa*, *Sb*, *Sc*) и пультов управления (*Ra*, *Rb*, *Rc*). В каждой ячейке первая цифра обозначает среднее время реакции (*TR*), вторая — среднюю ошибку в процентах, третья — среднее количество пропущенной информации в битах (максимальное значение 3 бита).

(например, буквенно-цифровым). Но пространственное кодирование применимо лишь в тех случаях, когда число устройств сигнализации невелико, — в противном случае ориентировка становится невозможной. Так, в опытах Гарвея и др. (1954) пространственное кодирование оказалось эффективным в случае матрицы 5×5, но не 10×10.

Бренар и др. (1962) сопоставили две системы сигнализации — арабские цифры и расположенные в ряд и пронумерованные лампы — с двумя системами для ответных реакций — символической (словесное название цифр) и пространственной (клавиатура с пронумерованными клавишами). Каждый из четырех кодов испытан при количествах информации в 1, 2 и 3 бита (2, 4 и 8 сигналов). Зависимой переменной было переданное количество информации. Полученные результаты выявили очень явную взаимозависимость между системой сигнализации и системой реакции. При цифровой системе наилучшие результаты дает словесная реакция, при световой — нажимы на клавиши. Эта зависимость выражена

тем более отчетливо, чем больше количество передаваемой информации.

Чапанис и Локхид (1965) сравнивали совместимость взаимного расположения сигналов и органов управления на щите с влиянием чисто графических связей (толстые линии, соединяющие сигнальные устройства с соответствующими органами управления). Совместимость взаимного расположения позволяет получать лучшие результаты как в отношении ошибок, так и в отношении времени реакции.

Чтобы проверить, не имеет ли тактильная сигнализация преимуществ перед другими при двигательных ответных реакциях, Леонард (1959) поставил опыт, в котором единственным устройством была клавиатура. Сигналы передавались путем вибрации клавишей, на которых находились пальцы испытуемого, а ответы состояли в нажатиях на вибрирующие клавиши. Использовалось от 1 до 8 сигналов. Данный тип кодирования оказался весьма эффективным, в том числе и при большом количестве передаваемой информации. Эти результаты согласуются с многочисленными наблюдениями в механических цехах в промышленности, где тактильное восприятие часто оказывается предпочтительнее, чем визуальное символическое, или по крайней мере успешно дополняет его. Однако применение тактильных кодов чрезвычайно ограничено в современной промышленности, где автоматизация практически вынуждает пользоваться зрительным или звуковым кодированием.

2.3. ПРИСПОСОБЛЕНИЕ РЕАКЦИИ К НЕПРЕРЫВНЫМ СИГНАЛАМ

Приспособление реакции к непрерывным сигналам ставит проблемы, отличные от тех, которые возникают в случае дискретных сигналов. В данном случае система «человек и машина» представляет собой следящую за целью подчиненную и регулируемую систему. Для объяснения ее функционирования нужно ввести понятие «программы» и, следовательно, поставить конечную цель.

А. Задачи на слежение. Сигнал в задачах на слежение непрерывен, так же как и ответ. Наиболее частой операцией данного вида является слежение за передви-

женнем метки, которое совмещается (с большими или меньшими допусками) с движением визира, управляемого оператором. Простейший пример операции слежения — управление автомобилем с помощью рулевого колеса. Эти операции изучались главным образом в лабораторных условиях на моделях, значительно упрощенных по сравнению с реальными объектами. Обзор многочисленной литературы по данному вопросу можно найти в работах [1, 84].

Операции слежения делятся на две основные категории: *простое* слежение, при котором сигнал подвижен, а оператор непосредственно наблюдает и контролирует результат своих действий, и слежение с *компенсацией*, при котором оператору сообщается лишь различие (или «ошибка») между положениями метки и визира. Типичный случай слежения с компенсацией имеем при неподвижной метке, с которой оператор должен совмещать визир, несмотря на то, что он отклоняется под влиянием факторов, находящихся вне контроля оператора.

При рассмотрении операций слежения возникают те же вопросы, которые встречаются при анализе операций совместимости сигнала и ответной реакции в дискретных системах. Некоторые эксперименты показывают превосходство простого слежения над слежением с компенсацией. Это превосходство можно объяснить тем, что при простом слежении оператор видит как движение метки, так и движение визира, причем оба движения выражаются одним и тем же «кодом» — перемещением. В случае же слежения с компенсацией видно только одно движение, «код» которого достаточно сложен, поскольку это движение является производным.

Среди опытов по изучению влияния совместимости сигнала и ответа можно отметить исследование Регана (1960). Автор сравнивал следующие шесть устройств: 1) круговые сигналы (метка, вращающаяся по кругу) — круговые ответы (штурвал); 2) прямолинейные сигналы (метка, перемещающаяся вдоль щели) — круговые ответы; 3) круговые сигналы — прямолинейные ответы (рычаг); 4) прямолинейные сигналы — прямолинейные ответы; 5) комбинированные сигналы — круговые ответы; 6) комбинированные сигналы — ответ с помощью рычага

управления. Комбинированные сигналы представляли собой двумерную траекторию метки. Сочетание (6) оказалось наилучшим, остальные же пять сочетаний не различались по своей эффективности. При слежении с компенсацией были получены те же результаты, что и при простом слежении.

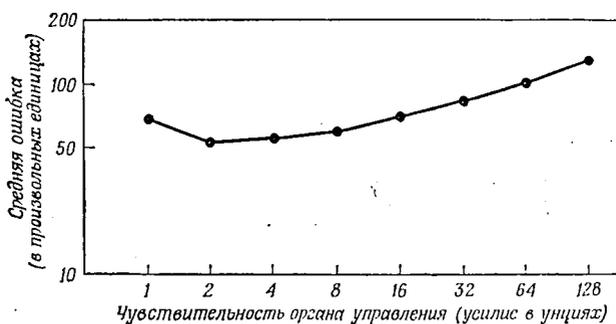
При простых операциях слежения (с одним измерением) влияние совместимости на слежение меньше, чем на сочетание дискретных сигналов и ответов. Митчел и Винс (1951) обнаружили, что изменение отношения на обратное во время работы замечает лишь половина испытуемых.

Исследовалось также влияние соотношения между амплитудами реакции и ее эффектами. В этом состоит вся проблема передаточной функции органов управления. Обычно чем выше соотношение, тем больше точность. Однако этот достаточно очевидный результат может быть изменен при большой скорости. В этом случае необходимо еще определить точку перегиба кривой. Кроме того, результаты изменяются в зависимости от того, каким путем оператор контролирует свою реакцию — визуально или проприоцептивно.

Вопрос о некоторых технических характеристиках манипулирования органами управления также может рассматриваться с точки зрения совместимости, хотя результаты опытов не всегда легко поддаются истолкованию. Отметим все же работу Черникова и др. (1960), описывающую эффект девяти сочетаний, даваемых варьированием параметров положения, силы и ускорения реакции при двумерном слежении с компенсацией. Результаты всегда лучше при однозначном изменении двух координат. Что касается чувствительности органа управления, то она слабо влияет на качество выполнения, если верить исследованиям Типтона и Бирмингема (1959). Эти авторы, менявшие давление на рычаг в соотношении 128:1, установили существование некоторого оптимального давления, хотя общая изменчивость процентной погрешности меняется при этом примерно в 2,5 раза (фиг. 27).

И наконец, изучался также эффект задержки при передаче ответной реакции. Рычаги управления на рабо-

чих местах часто обнаруживают более или менее заметный гистерезис. Когда в результате этого ответная реакция просто задерживается, это не усложняет значительно вопроса. Но обычно по ходу реакции эффект нарастает по



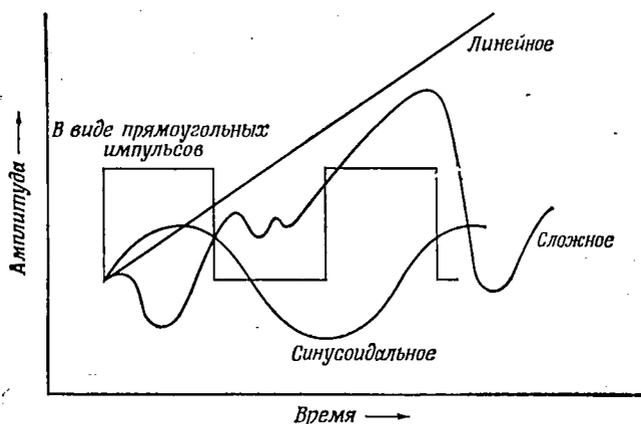
Фиг. 27. Зависимость ошибок при операции слежения от усилия, требуемого для перемещения рычага (1 унция равна 28,35 г).

экспоненте, что может привести к заметному нарушению операции.

Б. Передаточная функция оператора. Поведение оператора в режиме слежения может быть описано как передаточная функция. Этот термин здесь обозначает (по аналогии с электроникой) изменение, претерпеваемое информацией между «входом» и «выходом». Такой подход привел к созданию довольно сложных математических моделей [62], которые, несмотря на свой большой теоретический интерес, мало применимы к реальным рабочим местам¹. Ниже мы ограничимся кратким обзором основных результатов исследований, проведенных в этой области.

Изменение сигнала можно отнести к четырем основным типам: изменение в виде прямоугольных импульсов (сигнализация типа «да—нет»), линейное изменение, синусоидальное изменение и сложное изменение (фиг. 28).

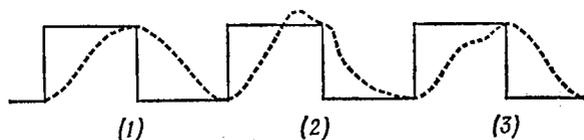
¹ Все же следует упомянуть замечательную работу Кроссмана и Кука [36] по изучению приспособления реакций операторов к медленным изменениям сигналов, проведенную в основном на химических предприятиях.



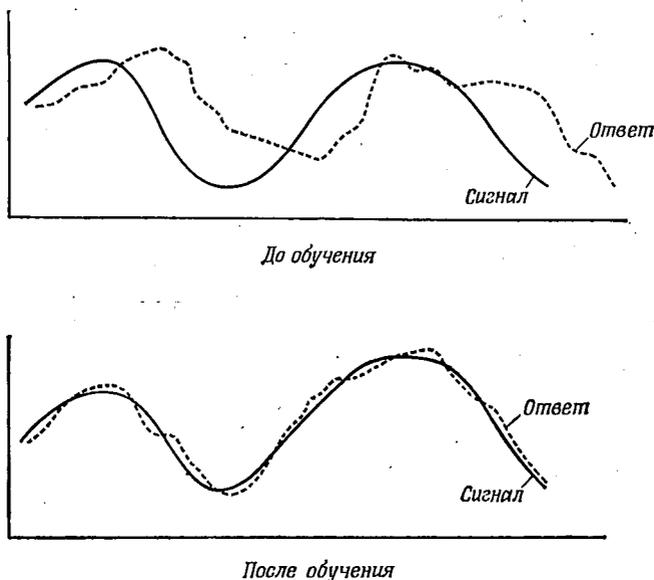
Ф и г. 28. Основные типы изменения непрерывного сигнала.

Существует три типа ответных реакций операторов на изменения сигналов в виде прямоугольных импульсов. Все они включают латентные периоды. При реакции первого типа оператор непосредственно стремится достичь требуемого положения, хотя при этом обычно либо выходит за заданные пределы, либо не достигает цели с первого раза, и, следовательно, возникает необходимость корректировки (фиг. 29). Существует много факторов, оказывающих влияние на ответную реакцию. Наиболее важные из них относятся к совместимости панелей информации и пультов управления (разд. 2.2). Кроме того, следует отметить амплитуду изменений сигнала и ритм этих изменений, которые могут привести к перекрыванию ответных реакций.

При линейном изменении сигнала качество слежения может быть очень высоким. Для этого необходимо,



Ф и г. 29. Три типа ответов операторов на прямоугольный сигнал [104].



Фиг. 30. Приспособление ответных реакций к синусоидальному изменению сигнала до и после обучения [104].

чтобы оператор осознал характер изменения сигнала и экстраполировал его.

При синусоидальном изменении сигнала качество слежения обыкновенно невысоко до того момента, пока оператор не научится экстраполировать (фиг. 30). Оптимальный ритм для таких операций составляет $1/4$ — $1/2$ цикла в секунду. С повышением частоты точность слежения заметно падает.

И наконец, при сложных изменениях сигнала, где возможность экстраполирования очень невелика, качество слежения находится по существу в прямой зависимости от амплитуды и частоты изменений.

3. ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Окружающие условия оказывают влияние как на восприятие сигналов, так и на приспособление ответных реакций. Поэтому логично посвятить этим вопросам от-

дельную главу. Однако мы предпочли их рассматривать вслед за изучением ответных реакций, тем более что в литературе преобладает описание их влияния именно на ответные реакции.

Чем же объясняется столь скромное место? Во-первых, тем, что, как было показано в гл. 1, факторы окружающей среды поднимают прежде всего вопросы технического характера и приоритет в решении этих вопросов принадлежит инженерам. (Прежде чем приступать к изучению влияния холода на трудовую деятельность, нужно любыми средствами попытаться нагреть помещение.) Во-вторых, тем, что мы рассматриваем здесь только влияние внешних условий на выполнение самой операции. Так, шум следует прежде всего изучать как шумовой фон звукового сигнала, а освещение — как фактор, влияющий на обнаружение сигналов, и т. п. Глобальное же влияние, оказываемое на человеческий организм теми или иными факторами на протяжении долгого времени, исследуется гигиенистами труда и нами здесь рассматриваться не будет.

3.1. ОСВЕЩЕНИЕ

Влияние освещения на трудовую деятельность можно измерить или приблизительно рассчитать на основе нескольких критериев. Наиболее важный из них — восприятие оператором сигналов. В этом случае освещение рассматривается только как одна из переменных, влияющих на восприятие. Часто она является дихотомической переменной, т. е. освещение достаточное или нет. Но кроме этого используются и другие критерии, которые не столь непосредственно влияют на продукцию системы «человек и машина» на ее «выходе». К ним относятся сердечный ритм, моргание, мышечное напряжение, субъективное отношение к делу и т. п. Поэтому проблема освещения ставится не так, как, например, проблема влияния температуры или шума, а как проблема качества выполнения операций, на которое влияют многочисленные факторы, в том числе и освещение. Поэтому необходимо путем анализа труда предварительно установить те

переменные, изучением которых специалист по эргономике должен заняться в первую очередь.

Блэкуэлл (1959) по соглашению со Светотехническим инженерным обществом (США) изучал вопрос о *количестве света*, необходимом для выполнения той или иной операции. На основе лабораторных исследований, перенесенных затем в цех, были составлены «рекомендации» относительно стандартных уровней освещенности для многих промышленных операций и для некоторых типичных рабочих помещений (табл. 4.2). Однако освещенность, определенная автором для операций, неточна (даны лишь указания очень общего порядка).

Общая тенденция направлена, естественно, на обеспечение более сильного освещения для более тонких работ. Однако специалисты стали замечать, что этот вопрос решается не всегда столь просто. Например, в некоторых случаях слишком сильное освещение может свести на нет контрасты и тем самым уменьшить количество информации. Из сказанного следует, что необходимо ставить специальные эксперименты (в лабораториях или в цехах), а не слепо следовать указанным рекомендациям.

Одно из наибольших неудобств яркого освещения — *ослепленность*. Различают два типа ослепленности: прямая, вызываемая источником света, и косвенная, вызываемая отражением от поверхностей, чаще всего металлических. С одной стороны, ослепленность мешает непосредственно выполнению операции, с другой — утомляет глаза и вызывает субъективное восприятие неудобства соответственной субъективной шкале «некомфорта» (Гут, 1962). При прямой ослепленности часто бывает легко принять соответствующие меры: уменьшить блескость, переместить источники света за пределы поля зрения, увеличить освещенность зон, окружающих источник ослепления, использовать козырьки, экраны и т. п. Гораздо труднее уменьшить косвенную ослепленность. Иногда это достигается заменой источников освещения или маскировкой отражающих поверхностей.

Часто возникает проблема отношения между *общим освещением* и *местным*. Здесь трудно дать какие-либо стандартные рекомендации — каждый случай требует

Таблица 4.2

СТАНДАРТЫ НА ОСВЕЩЕНИЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ
НЕКОТОРЫХ ОПЕРАЦИЙ, РЕКОМЕНДОВАННЫЕ
СВЕТОТЕХНИЧЕСКИМ ИНЖЕНЕРНЫМ ОБЩЕСТВОМ [94]

Ситуация или операция	Рекомендуемый уровень освещенности, люксы
Сборка (монтаж):	
грубая, при хорошей видимости	300
грубая, при плохой видимости	500
средняя	1 000
тонкая	5 000
сверхтонкая	10 000
Литейные цеха	
	500
Механические цеха:	
грубая работа на станках и верстаках	500
средняя работа на станках и верстаках	1 000
тонкая работа на станках и верстаках	5 000
сверхтонкая работа на станках и верстаках, тонкая точка инструментов	10 000
Кладовые и товарные склады:	
работа не проводится	50
работа проводится	
грубая работа с габаритными объектами	100
средняя	200
тонкая	500
Гаражи для легковых и грузовых автомобилей	
Станции обслуживания:	
ремонт	1 000
участки активного движения	200
Гаражи для стоянки:	
въезд	500
зона движения	100
зона стоянки	50
Бюро:	
картографические, конструкторские, чертежные	2 000
бухгалтерия	1 500
кабинеты	1 000
коридоры, лифты, лестницы	200
Магазины:	
зоны движения	300
торговая зона (обслуживание)	1 000
торговая зона (самообслуживание)	2 000
Жилые помещения:	
кухни (зоны водопроводных раковин)	700
кухни (рабочие поверхности)	500

особого исследования. Можно просто отметить, что в настоящее время предпочтение чаще всего отдается индивидуальному освещению.

Спектральные характеристики освещения, конечно, влияют на трудовую деятельность, но это почти не исследованная область. Опубликованные работы позволяют заключить, что спектр используемых ламп (натриевой, ртутной, накаливания, флуоресцентной и т. п.) не оказывает большого влияния на выполнение операций. Зато цветные лампы заметно влияют на выполнение некоторых операций, связанных с бдительностью (например, контроль качества).

Светотехническое инженерное общество дает рекомендации также и по *отражательной способности* различных поверхностей в рабочих помещениях: для потолков 80—92%, для стен 40—60%, для пола 21—39%, для мебели 26—44% и т. д.

В некоторых случаях проблемы освещения приобретают столь большое значение, что возникает необходимость в специальных исследованиях, о которых можно здесь лишь упомянуть. Так обстоит дело, например, с освещением дорог, влияние которого на безопасность ночного движения доказано (см., например, работы Рекса).

Что же касается роли *цвета*, нужно сознаться, что практически не разработано ни одного метода, позволяющего измерить или примерно оценить его влияние на эффективность работы (если не считать исследований отражательной способности, контрастов или символического значения цвета). А между тем нельзя сказать, что ролью цвета можно пренебречь. К сожалению, в этой области мы находимся на уровне субъективных эстетических оценок.

3.2. ТЕМПЕРАТУРА И ВЛАЖНОСТЬ

К основным переменным, определяющим тепловой обмен между телом и внешней средой, относятся температура воздуха, влажность воздуха, циркуляция воздуха и температура окружающих предметов (стен, потолков, полов и т. п.). Были предложены различные показатели, позволяющие установить соотношения между

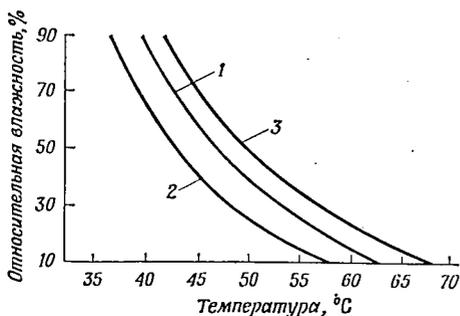
этими переменными. Воздействие на эти переменные может привести к уменьшению или устранению вредных или мешающих работе влияний. Чтобы добиться этого, можно воздействовать либо непосредственно на окружающую среду, уменьшая источники тепла или холода; либо на отношение между оператором и окружающей средой, вводя защитные экраны или защитную одежду; либо непосредственно на оператора, обеспечивая постепенную акклиматизацию, смену персонала, соответствующие напитки и т. д.

Влияние температуры и влажности изучали главным образом физиологи и гигиенисты труда. Известны, в частности, труды профессора Метца из Лаборатории физиологии труда Страсбургского медицинского факультета. Мы лишь коснемся вопроса о влиянии рассматриваемых факторов на человеческий организм, поскольку этот вопрос не имеет прямого отношения к эргономике.

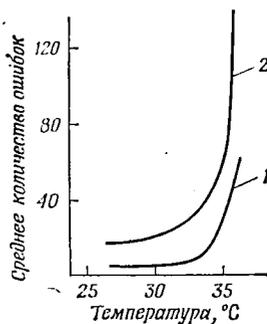
Тепловое равновесие обнаженного человеческого тела достигается при температуре 25—29°C. При понижении температуры тело чрезмерно охлаждается, а при повышении — вступает в действие процесс регулирования через испарение. Акклиматизация может сдвинуть эти пределы. Но нужно отметить, что для акклиматизации, особенно в условиях холода, требуются иногда долгие годы. В любом случае тот факт, что акклиматизация оказывает влияние на основные биологические механизмы, еще не означает, что работа, выполняемая при крайних температурных условиях, будет столь же продуктивной, что и работа при нормальных условиях. Особенно это относится к холоду: начиная с 13°C руки уже не способны выполнять ту работу, которую они выполняют при привычной температуре.

Что касается чувства теплового комфорта, то данные, полученные на основании субъективных шкал, довольно непостоянны и зависят от многих факторов: возраста, одежды, социальных навыков, индивидуальных особенностей и т. д. Однако для большинства людей оптимальной можно считать температуру 20—23°C летом и 18—21°C зимой. На фиг. 31 показаны пределы субъективных допусков в отношении температуры и влажности для лиц, одетых в летние комбинезоны.

Некоторые экспериментальные работы посвящены изучению зависимости изменения качества выполнения операции от температуры. В операциях двигательного характера полученная зависимость кажется сама собой разумеющейся, что подтверждается исследованиями на рабочих площадках, в частности в шахтах. Интересно отметить, что ухудшение качества выполнения операций



Фиг. 31. Зависимость субъективных допусков от температуры и влажности для людей, одетых в летние комбинезоны (по Тейлору, 1946).
1 — предельный; 2 — допустимый; 3 — недопустимый.



Фиг. 32. Качество выполнения операции декодирования (азбука Морзе) в зависимости от температуры (по Макворту, 1946).
Среднее количество ошибок выражается в человеко-часах. 1 — 1 ч.; 2 — 3 ч.

наступает только через довольно длинные промежутки времени (через несколько часов). В отношении более «интеллектуальных» операций результаты менее ясны и могут дать повод для обсуждения. Макворт установил явное ухудшение качества выполнения операции декодирования (азбука Морзе) (фиг. 32). При рассмотрении сложных умственных операций результаты аналогичных экспериментов расходятся. Пеплер (1959) пришел к выводу, что качество их выполнения зависит от температуры, в то время как Чайлз (1958) не обнаруживает такой зависимости. На практике очень трудно изолировать температурный фактор от совокупности других переменных. По-видимому, исследования такого типа не имеют боль-

шой практической ценности, поскольку умственной работой редко приходится заниматься в условиях очень высоких температур.

3.3. ШУМ

Вопросам влияния шума и средствам его устранения посвящено так же много работ, как и вопросам влияния температуры. Мы лишь кратко изложим данные, касающиеся влияния шума на качество выполнения операций в промышленности. Читателям, интересующимся патологическими последствиями шума на человеческий организм, в сущности на слух, необходимо обратиться к специальным руководствам, в которых они найдут также различные методы измерения шума и эффективные меры защиты от него. Эти руководства, впрочем, больше касаются инженера или архитектора, чем физиолога или врача.

А. Влияние шума на качество выполнения операций. Хотя субъективное чувство усталости и «нервозности», порождаемое шумом, к сожалению, встречается очень часто, весьма трудно установить, сколько-нибудь значительные и объективно измеримые последствия шума на трудовую деятельность. Здесь речь идет не об общем состоянии утомления, на котором, несомненно, сказывается городской шум, хотя определить его роль практически невозможно. Речь также не идет и о тугоухости, которая может явиться результатом чрезмерного шума,— отметим разве только отрицательные последствия, к которым он может привести на тех рабочих местах, где основную роль играют слуховые сигналы. Единственные меры, которые в этом случае можно предпринять, состоят просто в уменьшении шума или в повышении различимости сигналов.

Исследования влияния шума на трудовую деятельность дали предварительные результаты, не позволяющие прийти ни к какому общему выводу. Большинство авторов не обнаружило вообще никакого влияния. Тем не менее исследовалось длительное воздействие шума на выполнение различных операций: двигательных, психо-

моторных, умственных. В некоторых задачах шум приводил даже к повышению качества выполнения. Однако некоторые исследователи отмечали также и отрицательное влияние шума. Правда, надо иметь в виду, что два наиболее важных исследования, проведенных в реальных рабочих условиях, относятся к довоенному времени и что используемые в них методы наблюдений и измерения не совсем безупречны.

Особо следует отметить серию исследований Бродбента и др. (1953—1960), проводившихся в строго контролируемых экспериментальных условиях и установивших влияние шума на выполнение операций бдительности. Такой же результат получен и в исследованиях Джерисона (1954—1959). Правда, как подчеркивает Джерисон, в его опытах исследовалось влияние не столько шума как такового, сколько шума как фактора отвлекающего и, в крайних случаях, вызывающего физиологический стресс. При этих обстоятельствах влияние шума ничем не отличается от влияния других помех, например зрительных или кинестетических. Такое толкование может быть подкреплено выводами из опыта Сандерса (1961), наводящими на мысль, что непредвиденный, внезапный шум является более сильным раздражителем, чем постоянный, в том числе и очень сильный, шумовой фон. Здесь стоит напомнить исследования субъективных впечатлений от шумов различных типов независимо от их интенсивности, хотя в этих исследованиях речь не идет о непосредственном влиянии шума на трудовую деятельность. В частности, были разработаны методические приемы оценки влияния шума в жилищных условиях (уличный шум, шум самолета и т. д.). Неприятные субъективные ощущения, связанные с этими видами шума, могут повлиять на качество работы и привести к сознательному ухудшению ее качества как бы «в отместку».

Не установлено никакого влияния ультразвука на трудовую деятельность, хотя при длительном воздействии он может быть вредным для человеческого организма. То же можно сказать и об инфразвуке, хотя техническая литература по этому вопросу чрезвычайно бедна.

Б. *«Функциональная музыка»*. Это претенциозное название относится к музыке, используемой в качестве

стимулятора трудовой деятельности в цехах и бюро. Урброк (1961) опубликовал обзор исследований по данному вопросу. Ни одно из них не позволяет сделать серьезный вывод о реальном влиянии функциональной музыки на качество работы. Единственное, что можно сказать, это то, что большинство работающих, хотя и не все, находят музыку приятной... Правда, недавно Браун (1965), изучавший влияние слушания радиопередач в автомобиле, показал, что если словесный материал не оказывает никакого влияния на работу водителя, то музыка ведет к более редкому использованию тормозов и акселератора и к увеличению времени поездки в условиях интенсивного городского уличного движения.

3.4. ДРУГИЕ ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В авиации, а особенно в космонавтике, некоторые факторы окружающей среды приобретают большое значение. Среди них следует отметить состав атмосферы (кислород, окись углерода, различные токсичные вещества), атмосферное давление, ускорение (g), невесомость и вибрации. (Последний фактор оказывает влияние и в промышленности.)

Мы ограничимся здесь только перечисленными факторами и отошлем читателя за более подробной информацией к специальным трудам [94, 104].

РЕЗЮМЕ

В эргономике нет места изучению ответных реакций «в чистом виде», т. е. изучению моторики человека вне связей «сигнал — ответ», которые и составляют процесс труда. К тому же в современных операциях значение двигательных актов все больше уменьшается.

Все же в некоторых случаях нельзя пренебрегать приспособлением инструментов (органов управления) к их функциям. Мы остановились на вопросах формы инструментов, их размеров и таких особенностей, как ход, сопротивление, положение по отношению к оператору.

Большое значение имеют исследования, относящиеся к приспособлению самих ответных реакций к сигналам. При дискретных сигналах проще всего измеряется время реакции. Для учета вариабельности времени реакции был предложен ряд теоретических моделей. В промышленных условиях подобные измерения редко оказываются значимыми. Зато при выполнении некоторых операций типа пилотирования возникают проблемы кодирования «сигнал — ответная реакция». В этой области следует различать исследование стереотипов, при котором рассматривается соответствие определенного типа ответной реакции определенному типу сигнала, и исследование совместности, при котором рассматривается соответствие некоторой совокупности ответных реакций и совокупности сигналов.

Проблемы приспособления к непрерывному сигналу иные, чем проблемы приспособления к дискретному сигналу. В этом случае система «человек и машина» является системой непрерывного слежения. Среди операций слежения различают простое слежение и слежение с компенсацией, при котором оператор воспринимает лишь разницу между положениями метки и визира. В этом случае совместимость также играет роль, хотя и меньшую, чем при дискретных сигналах. Некоторые авторы старались выразить поведение операторов в режиме слежения в виде «передаточной функции».

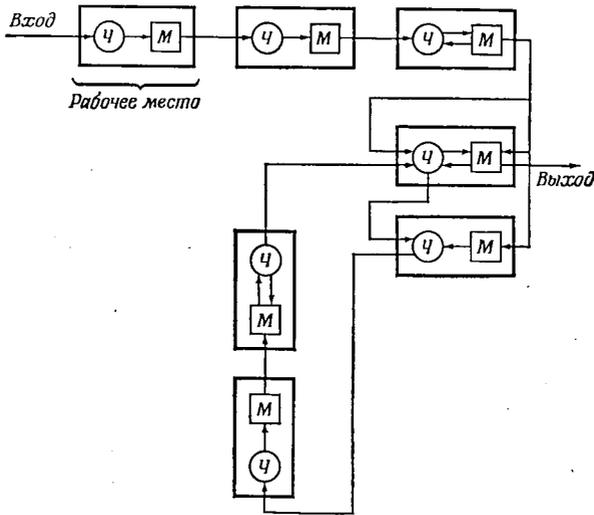
Изучалось также влияние факторов окружающей среды на качество выполнения операций. Многочисленные исследования посвящены влиянию освещения, причем практическое применение их относительно несложно. То же можно сказать и о влиянии температуры и влажности, хотя в этом случае гораздо более значительную роль играют субъективные факторы. Пока невозможно выявить непосредственное влияние шума на качество работы независимо от того, идет ли речь о шумовых экстрараздражителях или о «функциональной музыке».

Эргономика систем. Методы

1. СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК И МАШИНА»

В гл. 1 мы проводили различие между эргономикой рабочего места — системы, включающей одного человека и одну машину, и эргономикой системы «группа людей — группа машин», включающей несколько человек и несколько машин. Принципиальных различий между обоими типами систем не существует. Систему «человек и машина» (которую мы в дальнейшем будем кратко обозначать СЧМ) можно даже рассматривать как совокупность взаимосвязанных рабочих мест (фиг. 33).

Очень часто систему «человек и машина» изучали именно под этим углом зрения, считая, что рабочее место и СЧМ различаются только по уровню, но не по существу. Однако мы полагаем, что подобная «синкретическая» концепция обедняет понятие СЧМ, правда, в основном только с точки зрения методов анализа, поскольку между простым рабочим местом и очень сложной системой существует ряд промежуточных ступеней. В данной главе и гл. 6 мы увидим, что методы анализа рабочих мест не всегда достаточны применительно к системе. Для их использования необходимо, чтобы СЧМ была предварительно разложена на отдельные рабочие

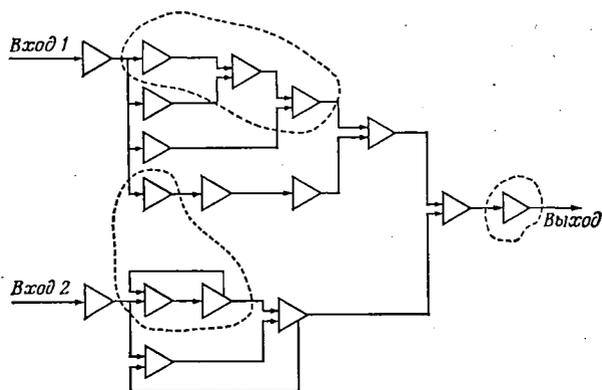


Фиг. 33. Схема системы «человек и машина», рассматриваемой как последовательное сочетание рабочих мест (ср. фиг. 2 и 3).
Ч — человек, М — машина.

места, что не всегда возможно сделать. Одной из целей методов анализа СЧМ является точное выделение в совокупности формальных элементов (связей, операций, функций и т. п.) того, что следует отнести к различным операторам, причем оператором может служить как человек, так, например, и электронно-вычислительная машина.

Вот почему общий тип модели СЧМ соответствует скорее схеме, изображенной на фиг. 34, чем на фиг. 33. Естественно, что при анализе реальной СЧМ следует более точно определить «преобразования информации», изображенные на схеме лишь символически. В следующем разделе мы увидим, что различные методы анализа систем «человек и машина» отличаются друг от друга именно выбором этих преобразований.

Предварительно заметим, что на фиг. 34 все элементы СЧМ сведены к преобразованию информации. В самом деле, с помощью информации можно выразить со-



Фиг. 34. Обобщенная схема системы «человек и машина». Каждый треугольник соответствует преобразованию входной информации. Пунктирными линиями обведены преобразования, осуществляемые человеком.

ставные части любого трудового процесса. Это было показано в гл. 2 при анализе различных операций на рабочем месте как процессов обмена сигнальной и ответной информацией. Тогда речь шла о сигнале, идущем к оператору, и об ответе оператора. Применительно к СЧМ вообще термин «информация» теряет антропоцентрический характер. Здесь речь идет уже (за исключением конечной фазы) не о сигнале и ответе, а о «входе» и «выходе». Возможно, что подобный подход к проблеме диктуется самим развитием технологии СЧМ.

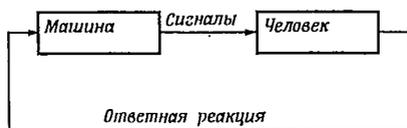
В общем можно сказать, что произошел переход от ремесленного производства к полуавтоматизированному производству (большинство современных механизированных станочных производств), а затем и к высокоавтоматизированному производству (например, химическая промышленность с управляемыми непрерывными установками). В последнем случае основным обрабатываемым материалом становится информация (фиг. 35).

В настоящее время в промышленности все еще существуют все три типа производства. Но хотя методы анализа и описания ремесленных операций не подходят для сложных автоматизированных систем, анализ и опи-

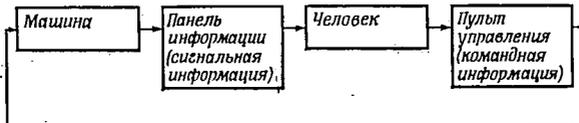
сание последних применимы к ремесленным операциям. Понятие информации, которое для автоматизированной системы имеет точный технический смысл, может быть использовано по аналогии и для описания рабочего места ремесленника, оставаясь при этом столь же действенным инструментом для анализа. В конце концов можно рассматривать СЧМ как общий случай, частным случаем которого является рабочее место, хотя исторически рабочее место является прообразом СЧМ.

Напомним также, что, хотя СЧМ включает рабочие места, сама она — лишь абстракция относительно таких более общих систем, как завод, предприятие, социальная группа. Исследование СЧМ открывает путь иссле-

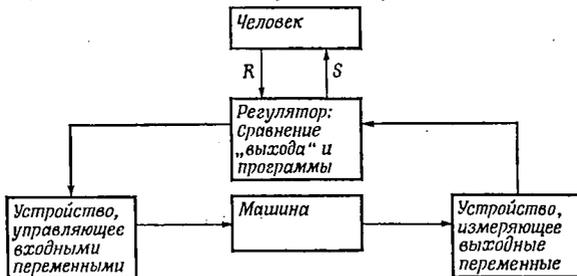
1. Непосредственное восприятие и непосредственная ответная реакция (стадия ремесленничества)



2. Опосредствованное восприятие и опосредствованная ответная реакция (стадия полуавтоматизированного производства)



3. Стадия высокоавтоматизированного производства



Ф и г. 35. Три стадии развития систем «человек и машина».

дованию систем «человек — человек», а эргономика — таким дисциплинам, как организация производства, социология, экономика, политика.

2. АНАЛИЗ СИСТЕМ «ГРУППА ЛЮДЕЙ — ГРУППА МАШИН»

Проанализировать СЧМ — значит создать модель этой системы в том смысле термина «модель», который нами был уже определен (гл. 2). Затем можно дальше оперировать этой моделью, и это будет моделирование (разд. 3), соответствующее экспериментированию в эргономике рабочего места. Наконец, нужно установить, позволяет ли модель эффективно преобразовать реальную систему: это фаза проверки ее валидности (разд. 4).

При анализе СЧМ можно использовать различные типы моделей. Опишем некоторые из них, наиболее известные. Однако мы должны предостеречь читателя от мысли, что по данному вопросу уже все сказано. Эргономические проблемы еще только начинают охватывать СЧМ, и мы еще очень далеки от систематического и согласованного изложения методов анализа.

Поэтому предлагаемую ниже классификацию следует рассматривать как весьма предварительную. Нам кажется, что можно различать модели, выявляющие связи между элементами СЧМ, и модели, представляющие собой скорее перечень функций, часто в духе антропоцентризма. Конечно, существуют и «гибридные» модели (метод Рида и др.). Наконец, следует обратиться к размышлениям Фавержа о значении несчастных случаев для анализа систем, помня, что исследование несчастных случаев уже занимало центральное место при анализе рабочего места.

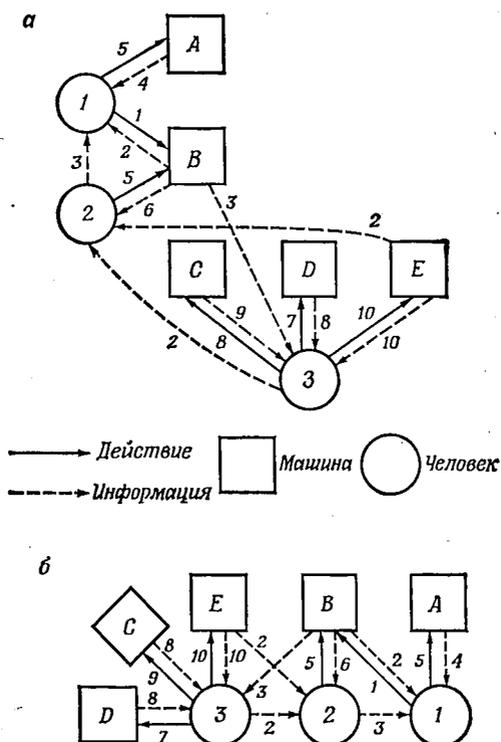
До сих пор нет рецептов или хотя бы испытанных принципов, которыми можно было бы руководствоваться при *выборе* модели для анализа. Прежде всего следует исходить из *сложности* СЧМ. Совершенно очевидно, что анализ большой глобальной системы не может быть столь же подробным, что и анализ какой-нибудь менее значительной подсистемы. Пределом является

анализ рабочего места. Следовательно, анализирующий прежде всего должен определить границы подлежащей исследованию СЧМ, а также ее место внутри более обширной системы, включающей ее в себя. По-видимому, чем обширнее СЧМ, тем больше для ее анализа будет подходить модель, выявляющая связи. Модели типа перечня функций, об ограниченности которых речь пойдет позднее, могут быть использованы для анализа СЧМ меньшей сложности; они близки к модели рабочего места, состоящего из одного человека и одной машины.

Вторым критерием выбора модели является *цель*, ради которой производится анализ СЧМ. Если задача состоит в том, чтобы уточнить относительные роли человека и машины в СЧМ, то надо начинать с выявления функций СЧМ. Если же основной целью является обучение оператора, то знания функций СЧМ недостаточно, так как только учет связей поможет создать подходящие инструкции. Модель, учитывающая связи, подойдет также и в том случае, если анализ производится с целью приспособления машины к человеку. Зато при отборе кадров перечень функций человека в СЧМ будет очень полезным.

2.1. МОДЕЛИ, ВЫЯВЛЯЮЩИЕ СВЯЗИ

А. Модели пространственной организации. Наиболее простыми и, следовательно, наиболее легко реализуемыми являются модели, анализирующие материальные элементы СЧМ: с одной стороны, машины, шкалы, органы управления, а с другой — операторы. Эти элементы размещаются соответственно их действительной пространственной организации. Связи между элементами обозначаются стрелками, символизирующими каналы, при помощи которых осуществляется обмен информацией между оператором, с одной стороны, и материальными элементами — с другой. Здесь мы снова встречаемся с методом анализа, который был описан при рассмотрении рабочего места под названием *анализ связей*. Код стрелок может быть более или менее сложным. В самом простом случае стрелки указывают просто на существование канала информации «человек — машина» (воз-



Ф и г. 36. Простая модель пространственной организации.
 а — система до исследования; б — система после исследования; цифры пропорциональны значимости связей.
 Показаны связи «человек и машина» и «человек и человек» в некоторой СЧМ. Связи «машина и машина» опущены.

действие, оказываемое человеком на машину через орган управления), «машина — человек» (информация, поступающая к человеку от сигнального устройства) или, наконец, на связи «человек — человек» или «машина — машина». С другой стороны, каждой стрелке можно придать определенный вес в соответствии со значимостью символизируемых ею связей. Значимость связей обычно рассматривается как прямая функция частоты использо-

вания, а иногда и как функция последствий прекращения связей.

На фиг. 36 приведен пример модели анализа связей: числа, стоящие у стрелок, пропорциональны частоте использования символизируемых стрелками каналов. Цель такого анализа связей — поиск нового пространственного расположения СЧМ, причем элементы, между которыми происходит частый обмен информацией, пространственно сближаются (фиг. 36, б).

Такой метод анализа СЧМ легко осуществим, поэтому начинать изучение системы полезно именно с него, хотя при этом обыкновенно и не удается получить особенно много сведений. Разумеется, подобный анализ практикуют не только специалисты по эргономике. Его используют, например, технологи при переходе на новый технологический процесс. Но они обращают внимание скорее на чисто физическое перемещение операторов (в метрах), чем на обмен информацией.

В большинстве случаев оптимальное решение находится «на ощупь» путем простого графического манипулирования принимаемыми в расчет элементами. Если число этих элементов и связей между ними велико, можно привлечь методы расчета теории графов.

Б. Модели последовательной организации. Возможно, наиболее широко используются модели анализа СЧМ, представляющие поэтапную организацию процесса переработки информации. Они строятся по типу методов программирования для ЭВМ. Ими стараются описать *логику функционирования СЧМ*.

1. Метод Кэрке. Этот метод анализа СЧМ, созданный фирмой «Dunlap Association» в США, изложен Кэрке. Цель анализа — создание «диаграммы оперативных этапов работы СЧМ», т. е. схемы, выявляющей последовательность информации, решений и действий в СЧМ. Этот метод применим как к системе в целом, так и к любой из ее подсистем.

Основными элементами диаграммы являются геометрические фигуры, которые символизируют различные состояния, принимаемые информацией в СЧМ, начиная с ее входа и кончая выходом (фиг. 37). Эти состояния являются следствием переработки информации. Уточним,

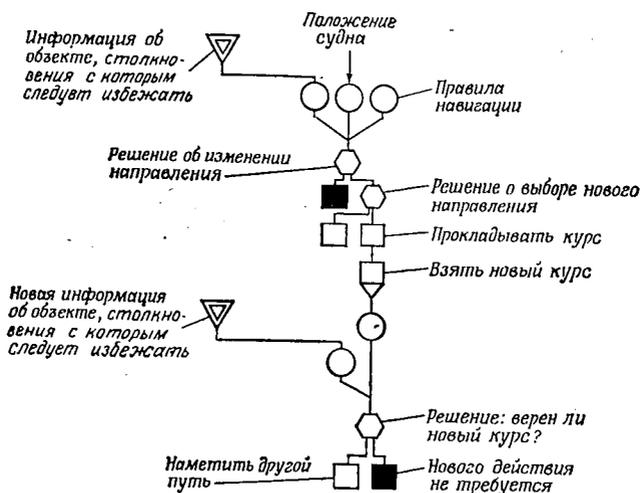
что уже на данной стадии различается переработка информации, осуществляемая человеком и машиной. Именно в этом и состоит специфика применения данного метода к СЧМ.

	решение оператора;
	действие (например, использование органа управления);
	переданная информация;
	полученная информация (например, показание контрольно-измерительного прибора);
	накопленная информация (например, знания);
<hr/>	
	ручная операция;
	автоматическая операция;
	бездействие или отсутствие информации;
	неполная информация или неправильная операция, причиной которой может быть шум или источник ошибок в системе.

Ф и г. 37. Символы, используемые в «диаграммах оперативных этапов» [77].

На фиг. 38 дан простой пример диаграммы. Символы, обозначающие различные состояния информации, расположены на ней по вертикали и соединены линиями. Вертикальный ряд соответствует этапам операции. При необходимости на полях можно дать шкалу времени, хотя обыкновенно оказывается достаточно самой последовательности. Линии символизируют элементарные логические операции. Расходящиеся линии, выходящие из элемента или ведущие к нему, символизируют логическое «ИЛИ» (исключение), сходящиеся же линии символизируют логическое «И».

Наиболее важным символом в диаграмме является шестиугольник, обозначающий решение оператора. Эта функция оказывает обычно наибольшее влияние на конечный выход и в то же время является наименее надеж-



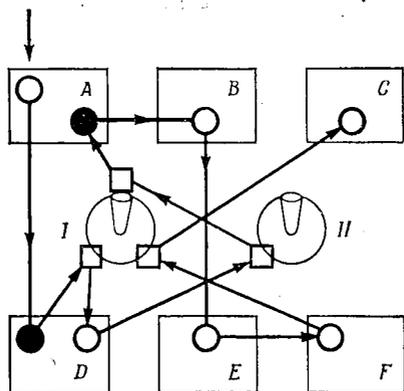
Фиг. 38. Пример «диаграммы оперативных этапов» [77].
 Диаграмма операции, проводимой с помощью радиолокационной системы судна с целью предотвращения столкновений.

ной. Поэтому «диаграммы оперативных этапов» используют главным образом для того, чтобы найти такую конфигурацию СЧМ, которая облегчала бы принятие решений. С этой целью при помощи таких диаграмм сравниваются более или менее автоматизированные системы, т. е. такие системы, в которых решения оператора в известной мере опираются на преобразования информации, осуществляемые как им самим, так и автоматически.

Эти диаграммы также можно перевести на логический язык и при необходимости обрабатывать с помощью вычислительных машин. При этом можно легко и быстро сравнивать различные решения, графическое изображение которых не выявляет их дифференциальных характеристик. Каждому решению соответствует логический ряд, например $A_i \cdot B_i \rightarrow C_i \rightarrow [(D_i \cdot F_0) \rightarrow E_i] + (D_0 \cdot F_i)$, где заглавные буквы обозначают различные элементы диаграммы (состояния информации). Индексы символизируют либо нулевое состояние элемента (0), либо его активное состояние (i). Точки обозначают логическую

операцию «И», а знак \oplus операцию «ИЛИ». Такое обозначение особенно полезно в тех случаях, когда можно измерить надежность каждого элемента. Тогда имеется средство оценки надежности СЧМ в целом для каждого из сравниваемых решений.

Другой метод использования символов диаграммы (может быть, не менее убедительный) состоит в их нанесении на схему, на которой изображены материальные

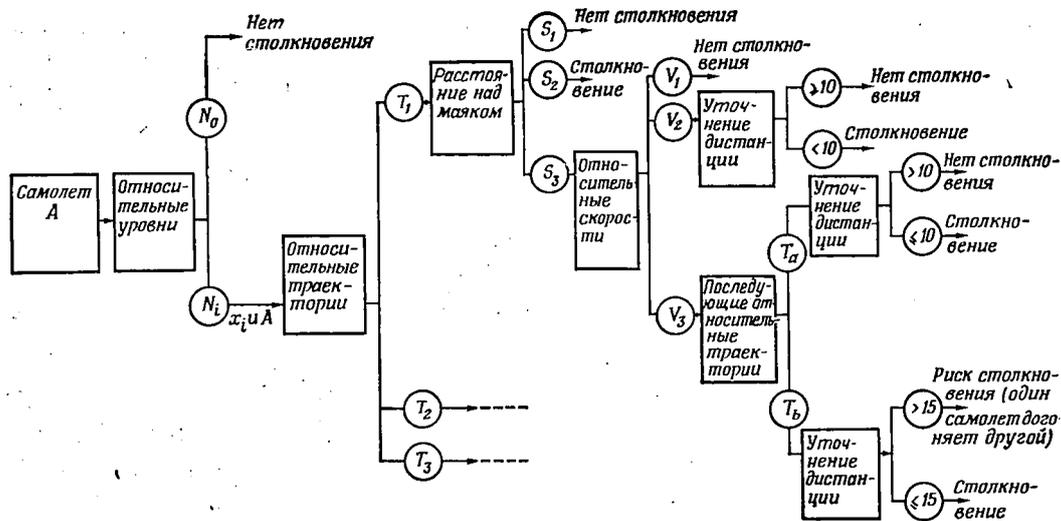


Фиг. 39. Совмещение диаграммы поэтапной организации и модели пространственной организации [77].

A, B, C, D, E, F – контрольно-измерительные приборы (циферблат, сигнальные лампы и т. п.); *I* и *II* – органы управления (прерыватели и т. п.).

элементы СЧМ. В общем речь идет о сочетании модели пространственной организации и модели поэтапной организации. Такой вид диаграммы может помочь улучшить расположение контрольно-измерительных приборов на рабочих местах и органов управления (фиг. 39). Однако, если взаимодействия между различными элементами достаточно сложны, такая диаграмма становится неприемлимой.

2. Метод оргиграмм. Существует много разновидностей этого метода, принцип которого состоит в расположении последовательных состояний информации в СЧМ в том порядке, который позволяет выявить и исчерпать все логические возможности. Речь идет о «программировании» функционирования СЧМ, подобно тому, как



Фиг. 40. Органиграмма, составленная в процессе исследования контрольных операций при управлении самолетами. Представлена одна из возможных ситуаций: самолет при горизонтальном полете [90].

N_0 — на уровне самолета A нет других самолетов;
 N_i — один или несколько самолетов на том же уровне, что и A ;
 T_1 — x_i направляется к тому же маяку, что и A , но на другой полосе;
 T_2 — x_i направляется к другому маяку;
 T_3 — x_i на той же полосе, что и A , и направляется к тому же маяку;

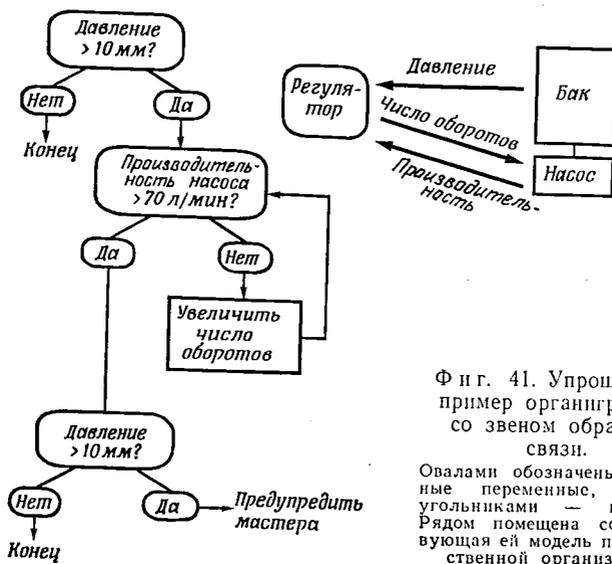
S_1 — чистая дистанция (> 20 мин);
 S_2 — явно недостаточная дистанция (< 5 мин);
 S_3 — примерно 10-минутная дистанция;
 V_1 — движущийся с большей скоростью вперед;
 V_2 — равная скорость;
 V_3 — движущийся с большей скоростью назад;
 T_a — оба самолета расходятся после встречи у маяка;
 T_b — оба самолета следуют по одной полосе после прохождения маяка;

программируют действия вычислительной машины для выполнения данной работы. Поэтому тут часто приходится обращаться к бинарным схемам, которые позволяют посредством последовательных дихотомий рассмотреть все возможные случаи.

Объектом внимания при таком методе анализа является отдельный человек-оператор, действия которого рассматриваются как предварительно заданные. Поэтому этот метод упоминался в главе об анализе рабочего места. Но он может быть применен также и к сложной СЧМ при рассмотрении ее работы в целом, не предвешая того, что касается переработки той или иной информации отдельным человеком или отдельной машиной.

Пример наиболее простого случая организграммы приведен на фиг. 40. Такая схема дает полное представление о всех случаях, которые могут представиться. Но она ничего не говорит о том, каким образом оператор (или вычислительная машина) должен реагировать на различные ситуации. Ее основное назначение — определить сложность операции и, следовательно, рабочей нагрузки на операторов. Кроме того, она может служить для подготовки программирования работы вычислительной машины. Следует хорошо уяснить себе, что рассматриваемая организграмма является не описанием реального поведения человека-оператора, а просто исчерпывающим изображением всех логических ходов.

Если задача заключается в том, чтобы «организовать» трудовой процесс или, точнее, составить инструкции, организграммы усложняются, поскольку в них включаются различные предвидимые реакции оператора и их последствия. В этом случае мы имеем схемы, подобные изображенной на фиг. 41 [103]. В гл. 6 читатель найдет подробный пример такой схемы, заимствованный из реальной жизни и относящийся к составлению инструкций. В приведенном здесь упрощенном случае видны две существенные особенности организграммы. Звено обратной связи указывает на то, что здесь мы имеем дело с кибернетической схемой, которую теоретически всегда можно автоматизировать (система автоматического регулирования), но которую на практике иногда полезно или даже



необходимо доверить человеку. Преимущество моделей такого типа заключается в том, что они ясно показывают все логические возможности автоматизации. Вторая особенность касается выходов схемы, которые недвусмысленно показывают ограничения СЧМ. Если инструкции предназначены для человека-оператора, выходы модели указывают на пределы ответственности оператора (вызов мастера или другого оператора).

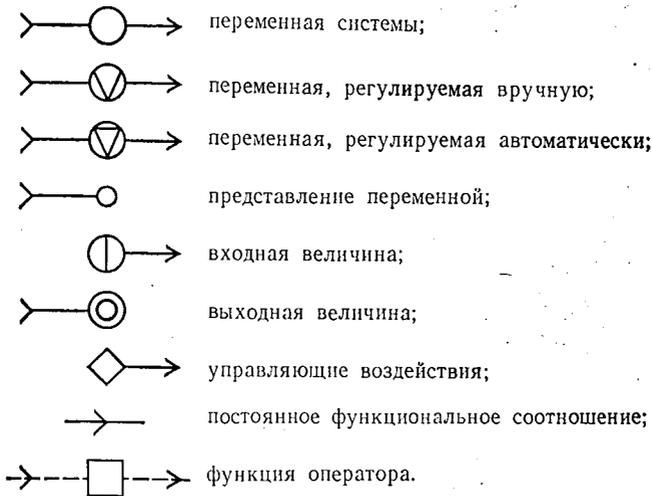
3. *Метод Бирмингема и Тейлора.* В гл. 2 (фиг. 6) мы уже говорили о модели анализа операции слежения, в которой для воспроизведения функций человека-оператора используются символы, изображающие такие преобразования информации, как усиление, алгебраическое сложение, дифференцирование и интегрирование. В некоторых СЧМ эту символизацию можно распространить на совокупность преобразований информации независимо от того, является оператором человек или нет. Но, правда, этот метод, разработанный для следящих систем, применяется довольно редко, так как позволяет символизировать лишь ограниченное число операций.

В. Модели организации взаимодействий. Описанные выше модели поэтапной организации информации можно сравнить с программированием информации для вычислительных машин. Что касается моделей организации взаимодействий, они сравнимы со схемами функционирования вычислительных машин. Эти модели отличаются прежде всего тем, что в них не учитывается порядок операций (или, если угодно, время). Это модели статистические. Поэтому нам представляется, что область их применения гораздо более ограничена, чем моделей поэтапной организации. Однако они полезны в тех случаях, когда задача состоит в том, чтобы распределить функции между человеком и машиной или вообще получить первое представление (на начальной фазе анализа) о СЧМ в целом. Впрочем, модели взаимодействия можно рассматривать как усовершенствованные модели пространственной организации.

Исследованиям в этой области посвящены работы [5, 12, 34, 35]. Авторы исходили из методов анализа систем (в общем смысле этого слова), изложенных Хаггинсом (1960), который использовал понятие «диаграммы потока». Кроссман воспользовался им, хотя и понимал, что оно не адекватно понятию модели организации, поскольку наводит на мысль о временной последовательности, которая как раз и отсутствует в этих моделях.

В основе модели Кроссмана лежит принцип идентификации *переменных* систем и символического выражения их в виде вершин графа. Стрелки, соединяющие эти вершины (ребра графа), символизируют *причинную зависимость* между переменными. Следовательно, модель строится для того, чтобы выявить взаимодействия, характеризующие систему. На фиг. 42 приведены символические обозначения различных типов переменных. Сравнение этих символов с символами, изображенными на фиг. 37 (диаграмма Кэрке), показывает, что их предназначение совершенно различно. В одном случае речь идет о самих переменных, в другом — об операциях, совершаемых с этими переменными.

На фиг. 43 дан пример модели организации взаимодействий, в которой использована данная символика. Цель анализа этой СЧМ состоит в усовершенствовании

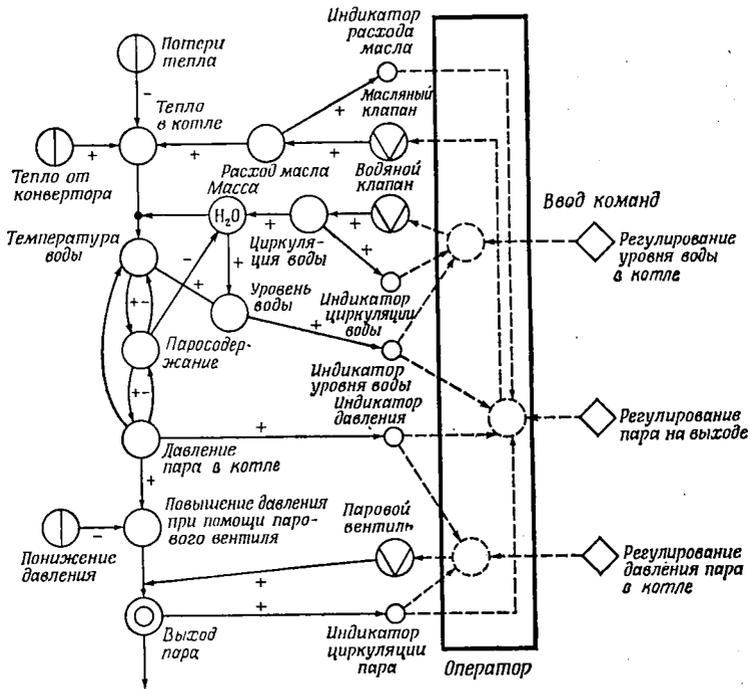


Ф и г. 42. Символы, использованные в модели организации взаимодействий [5].

способов подачи оператору информации независимо от того, идет ли речь о контрольно-измерительных приборах или об инструкциях.

Кроссман и его сотрудники пошли дальше простого описания СЧМ. Основываясь на работах Хаггинса, они искали методы формализации связей, существующих между элементами систем, и пришли к следующему определению операции слежения: если к данной вершине ведут две или более стрелок, значение выходных переменных непосредственно зависит от входных переменных. Так же определены умножение, различные комбинации передачи (последовательной, параллельной), взаимные и обратные зависимости и т. д.

К категории моделей организации взаимодействий можно отнести также «SAIM» (System Analysis and Integration Model — анализ системы и модель интегрирования) Шапиро и Бейтса. Основное назначение этой довольно сложной модели — определить СЧМ и их функции. Авторы различают три типа элементов: *детерминанты* системы (элементы, определяющие форму, особенно-



Фиг. 43. Пример модели взаимодействия — анализ системы «человек и паровой котел» (использованы символы фиг. 42).

сти, ограничения СЧМ, например ее цель, требуемую эффективность, входные данные, нагрузку); *компоненты* системы (машины, устройства, операторы и т. д.); *интеграторы* системы (коммуникации, организации, структура решения и т. д.). При анализе SAIM используется матрица взаимодействий, в которую вносится взаимодействие каждого из элементов со всеми остальными элементами.

2.2. МОДЕЛИ ТИПА «ПЕРЕЧНЯ ФУНКЦИЙ»

Модели типа «перечня функций» весьма ограничены. Перечень позволяет использовать только одно измерение, поэтому полученные таким образом модели являются

«плоскостными» в отличие от модели связей, графы которой (вместе с различными символами) позволяют выразить действительность во многих измерениях. Как инструмент анализа СЧМ, модели-перечни имеют серьезные недостатки.

А. Перечни функций СЧМ как системы. Перечни, описывающие функции СЧМ, редко встречаются в литературе. Это легко объяснить теми трудностями, с которыми связано составление подобных перечней. Если исследователь не ограничивается весьма обобщенной моделью, не несущей никакой информации, то практически очень трудно преодолеть чисто словесные трудности классификации и определения. И если он не примет специальных мер предосторожности, ему придется в конце концов заниматься решением мелких классификационных вопросов, не имеющих фактически ничего общего с исходной целью анализа: создать такую рациональную модель СЧМ, которая позволила бы тем или иным путем преобразовать систему.

Так, Мейстер и Рабидо в главе, посвященной анализу и оценке систем, описывают «процедуру функционального анализа», состоящую из семи этапов:

1. Определение задач системы.
2. Выявление характера этих задач.
3. Разбиение задач на фазы и этапы.
4. Выявление и описание функций системы.
5. Установление критериев качества выполнения задач.
6. Распределение функций между людьми и машинами.
7. Анализ операций.

Приведем пример первого этапа, на уровне которого фактически производится функциональный анализ, поскольку четвертый этап состоит, по мнению авторов, просто в более детальном перечислении вытекающих из задач требований, которым должны отвечать отдельные подсистемы.

В табл. 5.1 дается пример модели-перечня для гипотетической системы космического корабля.

Б. Перечень функций человека в СЧМ. Если анализирующий довольствуется составлением перечня функций

Таблица 5.1

МОДЕЛЬ-ПЕРЕЧЕНЬ ФУНКЦИЙ СЧМ НА ПРИМЕРЕ
ГИПОТЕТИЧЕСКОГО КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ [98]

1. Требования к характеристикам системы

Система должна быть способна	Соответствующие факторы
1. Осуществить запуск в определенное время	Операция, предвещающая запуск; фаза подачи топлива или заполнения топливом
2. Осуществить орбитальный полет и встречу в космосе в течение первых 24 часов полета	Тяга и скорость корабля; возможности наведения; устройства для обнаружения и осуществления встречи
3. Находиться на орбите в течение не более 3 суток	Топливо и оборудование для обеспечения жизнедеятельности
4. Произвольно изменять орбиты	Необходимая тяга. Характеристики ракетных двигателей и их органов управления
5. Обеспечить безопасность экипажа из трех человек на протяжении всего полета	Оборудование, обеспечивающее жизнедеятельность организма, и капсула для выхода экипажа
6. Транспортировать грузы до 900 кг	Место для груза и конфигурация корабля
7. Перемещать груз и персонал на спутники	Захваты и манипуляторы
8. Управлять приземлением в заданном районе	Устройство для приземления. Парашютная система для спуска. Система навигации. Связь с Землей

II. Ограничения

При конструировании системы следует учитывать следующие ограничения:

1. Производство 35 космических кораблей должно быть закончено за 6 лет.

2. Первые испытательные полеты должны быть осуществлены через 3,5 года.

3. Испытательные полеты должны дать доказательство, что надежность космического корабля и ракеты минимум 0,95 при доверительном пределе 0,90, а надежность капсулы 0,99 при доверительном пределе 0,90.

4. Расходы не должны превышать 800 млн. долларов.

5. Конструкция корабля должна обеспечивать жизнедеятельность экипажа без космических скафандров.

человека в СЧМ, он не встречается с теми трудностями, которые возникают при перечислении функций всей системы в целом. В некоторых случаях при составлении перечня ограничиваются перечислением и классификацией функций человека на макроскопическом уровне. Так, например, поступает Ганье, который вслед за другими авторами различает следующие основные функции: кодирование, эксплуатацию и обнаружение, наблюдение и контроль (monitoring), слежение, ремонт.

Можно отослать читателя также к работе [74]. Альтман (1964) предложил изменить перечень Ганье. Его список, основные категории которого перечислены в табл. 5.2, уже гораздо более точен. Мы находим в нем некоторые категории, использованные нами при анализе рабочего места.

Сошлемся, наконец, на более детализированный перечень функций человека в СЧМ, заимствованный у Рабидо. Отметим, что трудность перевода некоторых терминов с английского языка является первым признаком недостаточной точности подобных перечней, несмотря на их кажущуюся законченность (табл. 5.3).

В. Критические замечания. Построить модели типа перечней сравнительно просто, но они недостаточно эффективны. С их помощью невозможно выявить и воспроизвести структуру. Перечислить «функции» еще не значит понять функционирование. Здесь мы можем повторить, правда, в другом масштабе, критические замечания, сделанные нами в отношении использования контрольных списков (check-lists) как метода анализа рабочего места.

Они явно страдают формально-словесным подходом. Использование сильно обобщающих и недостаточно определенных терминов скорее препятствует, чем способствует анализу СЧМ, так же как в индивидуальной психологии поведение человека описывается гораздо точнее и оперативнее через конкретные действия, из которых оно складывается, чем через соответствующие «способности».

В наиболее распространенных перечнях, а именно перечнях функций человека, антропоцентрическая предвзятость является дополнительной помехой. СЧМ нельзя представить себе как систему, построенную вокруг людей-

Таблица 5.2

ТИПЫ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЧЕЛОВЕКА,
ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ В СЧМ [2]

Ощущение	Восприятие различий в физической энергии, влияющих на особенности одного органа чувств
Обнаружение	Восприятие появления метки на фоне
Различение и идентификация	Восприятие появления данной метки в отличие от других схожих с ней меток
Кодирование	Перевод воспринятого стимула в другую форму или на другой язык без применения логических правил
Классификация	Восприятие объекта (или элемента) как представителя определенного класса; характеристики объектов или элементов внутри данного класса могут быть весьма различными
Оценка	Восприятие расстояния, доля операций ИЛИ (И) (в процентах) без использования измерительных приборов
Установление связи или последовательности выполнения	Соблюдение определенного порядка при осуществлении процедуры
Логическое манипулирование	Применение логических правил И (ИЛИ) расчетов к входным данным с целью получения определенных данных на выходе
Использование правила	Поэтапное выполнение действия, основанное на применении некоторого правила или принципа
Принятие решения	Выбор из нескольких действий одного, достаточно сложного и предполагающего использование на отдельных его этапах оптимальных стратегий
Решение проблем	Выполнение ряда действий в тех случаях, когда для оптимального выбора недостаточно привычного применения правил логического манипулирования и принятия решения. По-видимому, в этом случае производится адаптирование существующих принципов и их соотношение с новыми правилами, более специализированными или высшего порядка

Таблица 5.3

КАТАЛОГ ДЕЙСТВИЙ ЧЕЛОВЕКА В СИСТЕМАХ
«ЧЕЛОВЕК И МАШИНА» [116]

Процессы	Действия	Специфика поведения
Перцептивные	Поиск и прием информации	Обнаружение Осмотр Наблюдение Считывание Прием Разделение, разнесение Общий обзор
	Идентификация объектов, действий, событий	Различение Идентификация Локализация
Опосредствующие	Информационные процессы	Распределение по категориям Расчет Кодирование Пересчитывание Интерполяция Спецификация Табулирование Перевод
	Решение проблем и принятие решения	Анализ Расчет Выбор Сравнение Пересчет Оценка Планирование
Коммуникативные		Извещение Ответ Общение Директива Указание Информация Инструкция Ходатайство Передача

Продолжение

Процессы	Действия	Специфика поведения
Моторные	Простые (дискретные)	Активизация Замыкание Соединение Разъединение Стыковка Движение Сжатие Объединение
	Сложные (непрерывные)	Пригонка Выравнивание Настройка Синхронизация Слежение

операторов, количество, роль и функции которых рассматриваются как априорные данные.

Поэтому мы не согласны с мнением Суэйна [124] и Кидда [74], считающих, что одна из первостепенных задач эргономики — создание «центрального склада данных», относящихся к функциям человека. Такой подход означает одновременно переоценку человека, поскольку человек еще не образует СЧМ, и его недооценку, поскольку он не является неизбежным механизмом, возможности которого могли бы быть описаны исчерпывающим образом.

Однако в некоторых случаях перечни функций могут все же сыграть известную роль, правда, не для анализа СЧМ, а для использования результатов этого анализа либо при распределении функций между человеком и машиной (гл. 6), либо при определении критериев отбора операторов (в той мере, в которой классические критерии психологической диагностики заслуживают доверия).

2.3. МЕТОД РИДА И ДР.

Сотрудники научно-исследовательских лабораторий ВВС США предложили метод анализа СЧМ, заслуживающий более подробного рассмотрения [117].

Формально они используют модель типа перечня. На деле же некоторые характерные особенности этой модели позволяют отвести ей особое место. К данному методу нельзя отнести большинство тех критических замечаний, которые были сделаны выше по поводу простых списков функций. Во-первых, он не претендует на универсальность. Его объектом являются не функции СЧМ вообще, а лишь те функции, которые относятся к системам пилотируемых космических кораблей. Несмотря на ограниченность задачи, анализ очень подробен и иногда доходит даже до количественной оценки данных. Таким образом, известная произвольность, свойственная любой модели типа перечня, в данном случае смягчается весьма тщательным выбором рассматриваемых категорий.

Кроме того, выбранные категории не вытекают из априорных соображений (или вытекают не только из них). Конечно, авторы обращаются к технической литературе по данному вопросу, но они подвергают свою модель практической проверке и корректируют ее, исходя из реальных нужд ее потребителей. Их метод непосредственно преследует только две цели: лучше учесть человеческие факторы при *проектировании* системы и получить полезные указания для *обучения* операторов. Более того, авторы ясно осознают несовершенства своего метода и особенно категорий, касающихся «функций», «выхода человека», «выхода человека» и «психологических процессов», т. е. как раз тех категорий, которые соответствуют описанным моделям типа перечня функций. Они предлагают пути исправления недостатков, которые могут появиться при использовании модели.

Наконец, немаловажным является то обстоятельство, что все рубрики модели составлены таким образом, чтобы их можно было закодировать для обработки на ЭВМ (IBM 7090). Это придает методу такую гибкость, особенно в отношении комбинирования и сопоставления категорий, которой обычные перечни не обладают.

Полный перечень содержит 27 категорий, каждая из которых соответствует некоторому «семейству» информации.

1. *Системы.* Различные типы ракетно-космических систем: исследовательские, боевые, предназначенные для полета на Луну и т. д.

2. *Источник информации.* Фирмы-изготовители (Bell, Boeing, Douglas и т. д.) и правительственные агентства (ВВС, НАСА и т. п.).

3. *Конфигурация системы.* Баллистическая, цилиндрическая, чечевичкообразная капсула и т. п.

4. *Основная задача полета.* Уточнение категории 1: например, для окололунного космического аппарата определяется необходимость прилунения или облета с возвращением на Землю и т. д. Кроме того, учитываются аспекты материально-технического обеспечения, медицинского обслуживания, научных исследований и т. п.

5. *Вспомогательная задача полета.* Рассматривается аналогично предыдущей категории.

6. *Этапы полета.* Описываются все аспекты данной задачи и ее основные этапы (с подэтапами): предпусковой этап, запуск, полет по околоземной орбите, перелет Земля—Луна, посадка на Луну, перелет Луна—Земля, вход в плотные слои атмосферы и приземление.

7. *Позиции.* Под этим названием фигурируют различные «должности» космонавтов: пилот, второй пилот, пассажиры, штурман, астроном и т. д.

8. *Состав экипажа.* Количественно уточняются рубрики предыдущей категории.

9. *Функции.* Список в алфавитном порядке примерно 400 глаголов, позволяющих описать различные функции системы, например: ускорить, выполнить, действовать, активизировать, актуализировать, приспособить, настроить, продвинуть и т. д.

10. *Вспомогательные операции.* Вспомогательная операция определяется как «наименьший различимый элемент операции». Поскольку эти операции всегда специфичны и, будучи выделенными из общего плана, теряют смысл, они не подлежат кодированию. Анализирующий может либо заняться специально их кодированием, либо довольствоваться их перечислением.

11. *Распределение функций.* Кодирование распределения операций между двумя или несколькими операторами. При этом отдельные операторы рассматриваются как «входы» кода (см. категорию 7).

12. *Подсистемы.* Перечень всех подсистем космического корабля весьма длинный. Рубрики с их многочисленными подразделениями касаются конструкции космического корабля, двигателя, механической части, энергетической части, коммуникаций, навигационной системы, вычислительных устройств, контроля внешней среды и т. д.

13. *Инструменты и оборудование.* Ручные инструменты и неавтоматическое оборудование.

14. *«Выходы» машины.* Классификация всей информации, поступающей от машины к человеку (табл. 5.4)¹.

Таблица 5.4

КАТЕГОРИЯ «ВЫХОДЫ МАШИНЫ» ПО МЕТОДУ АНАЛИЗА СЧМ РИДА [117]	
<i>Визуальный</i>	регулярное
Тип	нерегулярное
Марка	скорость
Индикатор:	ускорение
подвижная стрелка	Разрешающая способность:
подвижная шкала	низкая
счетчик	высокая
сигнальная лампа	Соотношение сигнал/шум
окошко	
электронно-оптическое устройство	<i>Слуховой</i>
Характеристики	Тип
Цвет	Чистые тона
Блескость	Смешанные
Контраст	Речь
Временные характеристики:	Характеристики
частота	Воспринимаемая частота
продолжительность	Интенсивность
процент появлений	Соотношение сигнал/шум
процент изменений	Временные характеристики:
Конфигурация:	частота появления
форма	продолжительность
размеры	скорость
структура	Конфигурация:
Движение:	направление
продолжительное	структура звука

¹ Для категорий 14—16 авторы пользовались работой [121].

Продолжение

Движение: направление регулярное нерегулярное скорость	нерегулярное скорость ускорение
<i>Тактильный</i>	<i>Вестибулярное восприятие</i>
Т и п	<i>Самочувствие</i>
Легкое прикосновение Грубое прикосновение Вибрации	<i>Проприоцептивность</i>
Х а р а к т е р и с т и к и	Т и п
Структура	Статический
Конфигурация: форма размер последовательность	Динамический
Временные характеристики: частота появления продолжительность скорость	Х а р а к т е р и с т и к и
Интенсивность	Чувствительность к давлению
Температура	Чувствительность к напряжению
Движение: направление регулярное	Чувствительность к направлению
	Степень чувствительности Степень изменения
	<i>Вкус</i>
	<i>Боль</i>
	<i>Температура</i>

15. *«Выходы человека»*. Классификация всей информации, поступающей от человека к машине (табл. 5.5).

16. *Общение*. Все связи «человек — человек».

17. *Психологические процессы*. Объект этой категории — поведение человека. Рубрики довольно классические, и потому подвержены критике. Основные разделы относятся к слуховым, звуковым, моторным, зрительным, координационным, тактильным процессам, к принятию решений и к оперированию символическими данными. Две последние рубрики, более оригинальные, приведены в табл. 5.6.

18. *Критические аспекты операций*. Классификация операций, от которых зависит успех задания, безопасность персонала, работа той или другой подсистемы и т. п.

Таблица 5.5

КАТЕГОРИЯ «ВЫХОДЫ ЧЕЛОВЕКА»
ПО МЕТОДУ АНАЛИЗА СЧМ РИДА [117]

Команды

Т и п

- Дискретное регулирование
- кнопка управления
- выключатель (прерыватель)
- Постоянное регулирование
- рукоятка
- педаль
- штурвал
- кнопка

Другие виды деятельности (не относящиеся к командам)

- Сборка
- Манипулирование материалами
- Придание телу определенного положения в пространстве
- Характеристики
- Сила
- Направление
- Перемещение
- Временные характеристики
- частота
- продолжительность
- скорость
- ускорение
- Части тела

Таблица 5.6

КАТЕГОРИЯ «ПСИХИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ» [117]

Принятие решения

- Идентификация
 - Выбор на основе хорошо определенных критериев
 - Целенаправленные пробы и ошибки
 - Определение степени адекватности ответа при помощи обратной связи
-

Операции с символическими данными

- Запоминание процедуры
- Извлечение информации из диаграмм, карт, графиков и т. п.
- Численные операции

19. *Критические аспекты времени.* Только две рубрики: является время выполнения операции решающим или нет.

20. *Частота выполнения каждой операции.* Сколько раз данная операция выполняется (по рубрикам следующего типа: за этап, за полет, за месяц, за неделю, за день... за минуту и т. д.).

21. *Информация относительно временной последовательности.* Определяется момент начала выполнения (с точностью до секунды) каждой операции, которая должна выполняться в течение определенного времени.

22. *Продолжительность.* Кодирование продолжительности всех операций.

23. *Локализация задачи.* Определение места, где должна выполняться операция: рабочее место пилота, второго пилота, врача ... кухня ... лунная станция ...

24. *Факторы окружающей среды.* Основные рубрики этой категории относятся к физическим факторам (ускорение, вибрации, температура и т. д.), психологическим факторам (изоляция, потеря чувствительности...), физиологическим факторам (устомление...) и скованности вследствие ограниченной подвижности.

25. *Типы обучения.* Поскольку одной из целей данного метода анализа является содействие обучению операторов, эта и следующие категории выявляют все переменные, касающиеся обучения. В категории 25 речь идет об основных типах требуемого обучения: школьное или специальное, индивидуальное или групповое, относящееся к тому или иному предмету...

26. *Средства обучения.* Перечисляются все приспособления, тренажеры, обучающие машины и т. п.

27. *Характеристики оборудования, необходимого для обучения.* Обратная связь, программирование, оценка.

2.4. ПРОИСШЕСТВИЯ КАК ДИСФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

В главе, посвященной методам анализа рабочих мест, было показано, что аварии и всевозможные происшествия являются ценным источником сведений о характеристиках трудового процесса.

В духе работ Фавержа и сотрудников из Брюссельского университета происшествие можно рассматривать также как источник сведений о структуре и функционировании СЧМ [82].

Правда, сначала указанные авторы (и это естественно) начали изучать происшествия с тем, чтобы найти меры борьбы с ними¹. Однако, пытаясь объяснить аварии, Фаверж пришел к необходимости рассматривать их как дисфункционирование (нарушение функций) системы и, следовательно, к необходимости создания модели ее функционирования. Мы думаем, что можно идти обратным путем и в области коррективной эргономики рассматривать происшествие как сообщение, богатое информацией о СЧМ, в которой оно произошло.

Эта концепция нуждается в некотором уточнении.

А. Теория происшествий по Фавержу [46]. «Сейчас пытаются анализировать возникновение происшествий операционально, исходя из процессов взаимодействия между человеком и средой; в широком смысле слова, происшествие рассматривается даже как любая непредвиденная остановка производственного процесса. На этом основании неисправности машины или материала изучаются таким же образом, как и несчастные случаи, приводящие к травмированию рабочего. Происшествие есть побочный продукт функционирования системы, которого пытаются избежать, улучшая всю систему в целом». Для этого необходимо располагать моделями функционирования системы.

Фаверж дает следующее определение системы: «Если считать, что целью промышленной системы является преобразование (или добыча) продукта, то словами «ячейка» или «функциональная единица» можно назвать любой элемент системы, имеющий в процессе этого преобразования (или добычи) заранее определенную функцию».

В таком случае можно описать организацию ячеек системы и заметить, что большинство промышленных си-

¹ Здесь мы можем только отметить многочисленные эргономические исследования по проблеме безопасности трудового процесса, предпринятые по инициативе Европейской ассоциации угля и стали. Отчеты о проделанной работе, итоги которой неоднократно подводил Фаверж, пока еще недоступны широкому читателю.

стем представляет собой частично упорядоченные структуры взаимосвязанных (иерархически) ячеек. Теоретически такая структура бесконечна, но практически анализ ее всегда остается ограниченным: определяется уровень, ниже которого исследование не спускается.

«О происшествии на некотором уровне исследования речь идет в том случае, если одна или несколько рассматриваемых на данном уровне ячеек перестают функционировать».

Но какова причина происшествий? Фаверж считает, что любому происшествию предшествует нарушение функций (дисфункционализация) системы, т. е. фаза, в течение которой некоторые ячейки системы не полностью выполняют свои функции или выполняют не свойственные им функции.

Каким образом это может произойти? Во-первых, при неадекватной структуре, т. е. в тех случаях, когда структура не приспособлена к функции.

«Если над какой-либо ячейкой непосредственно надстроено несколько других, может произойти «интерференция». Это может случиться, например, если работник имеет двух непосредственных руководителей, не зависящих друг от друга, если одна и та же машина используется двумя различными бригадами или если рабочее помещение имеет двойное служебное назначение».

Следовательно, наиболее благоприятным является тот случай, в котором совокупность ячеек образует древовидное разветвление, называемое *операционной единицей*. Но две операционные единицы могут находиться во взаимодействии, если у них имеются общие ячейки. При таком взаимодействии контроль окружающей среды может оказаться недостаточным. И это существенно важно: происшествия часто возникают на «границах» подсистем и, наоборот, происшествие помогает определить эти границы.

При рассмотрении какой-либо одной ячейки мы встречаемся с проблемами анализа происшествий на рабочем месте. Однако сама ячейка может представлять собой крупную подсистему. Фаверж точно формулирует условия, при которых может произойти дисфункционализация ячейки:

«Об *опасном поведении* ячейки будем говорить в тех случаях, когда ячейка не дает адекватного ответа. Отсюда и классификация видов опасного поведения: отсутствие информации для ячейки (информации нет, она не передается или не принимается); ячейка не преобразует должным образом информацию (отсутствие программы, неподходящая инструкция); наконец, опасное поведение может заключаться в состоянии, в котором находится ячейка (производственный или восстановительный процесс)».

Б. Несколько примеров. Лепла [89] изучал явления «интерференции» на сталелитейном заводе. Некоторые транспортные средства использовались рабочими этого завода и рабочими прилегающей системы градоустройства. Это и стало причиной происшествий и неполадок.

Дефуен (1965) исследовал дисфункционирование транспортной системы на угольной шахте, происходившее в наблюдавшемся им случае вследствие интерференции в работе двух бригад: бригады, работавшей в забое, и бригады, вывозившей грунт. Каждая из двух бригад, пользуясь транспортным каналом, не заботилась о том, чтобы его привести в готовность для работы другой бригады.

Немецкие ученые Нейло и др. (1957) показали роль межбригадных информационных связей в возникновении происшествий. «Установлено, что в 10% происшествий необходимое сообщение было неточным или непонятым; по-видимому, причина происшествия чаще (в 2 раза) крылась в приемнике, чем в передатчике».

Анализируя функции ячеек системы, а именно производства, профилактики и восстановительных работ, Дефуен показал на многочисленных примерах, что происшествия возникают чаще всего в сфере восстановительных работ. Поэтому очень часто происшествие наводит на мысль о проведении в одной из частей системы восстановительных работ.

Исследования Дефуена касались работы забойщиков на железных рудниках. Распределив различные операции по трем видам указанных выше функций, он сравнивал относительную частоту несчастных случаев. Оказалось, что число несчастных случаев при выполнении *восстано-*

вительных работ гораздо выше, чем при других работах. Кроме того, имеет место цепная реакция (в том смысле, который ей придает Фаверж: «отказ одной или нескольких клеток»). Это объясняется при помощи той же модели: любой несчастный случай и любая остановка нарушают производственный процесс. Отсюда возникает необходимость восстановительных работ, которые в свою очередь порождают происшествия и т. д. Это явление ускоряется по мере того, как вызванная происшествиями задержка приобретает все большее значение. Дефуэн предлагает следующую гипотезу: «Чем больше в промышленной системе делается упор на производство, тем больше стремление повысить производительность системы в ущерб профилактике в тех случаях, когда система не полностью выполняет программу». Из сказанного ясно, что безопасность не может быть обеспечена мероприятиями, касающимися отдельных рабочих мест.

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ

3.1. МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Моделирование сложной СЧМ соответствует экспериментированию при исследовании рабочего места. Действительно, при изучении системы постановка экспериментов становится практически невозможной, так как в действие вовлекается слишком много переменных, которыми невозможно управлять одновременно. Поэтому нужно обратиться к другой методике.

Напомним, что мы определяли моделирование как модель, которую заставляют претерпевать различные изменения. Следовательно, моделирование СЧМ состоит в том, чтобы «заставить жить» модель, изучив при этом ее работу (функционирование), а не только структуру. Можно вызывать изменения в реальном масштабе времени, но чаще предпочитают ускоренный масштаб. Качество моделирования зависит непосредственно от качества самой модели и особенно от того, насколько точно эта модель воспроизводит реальную систему.

А. Цели моделирования. Какова цель моделирования СЧМ? На этот вопрос можно ответить по-разному. В первую очередь, нужно определить область моделирования,

т. е. в каких случаях нельзя изучить СЧМ другими средствами.

Очевидно, это тот случай, когда система еще не существует, а только проектируется, и нужно знать основные динамические свойства ее компонентов.

В другом случае система существует, но слишком дорого или опасно заставлять ее работать исключительно в экспериментальных целях (космические системы).

Кроме того, функционирование системы в реальном времени иногда требует слишком больших затрат времени. Моделирование позволяет ускорить ход событий. Такой случай мы имеем, например, когда работа системы включает большое количество случайных событий.

Наконец, моделирование необходимо и тогда, когда чисто аналитические модели (и особенно математические) слишком громоздки, слишком сложны или когда имеются основания предполагать, что заключения, к которым они ведут, нуждаются в проверке.

Определим основные цели моделирования.

Моделирование в *исследовательских* целях. Поведение некоторых типов систем можно изучать в исследовательских целях, не имея в виду немедленного практического применения.

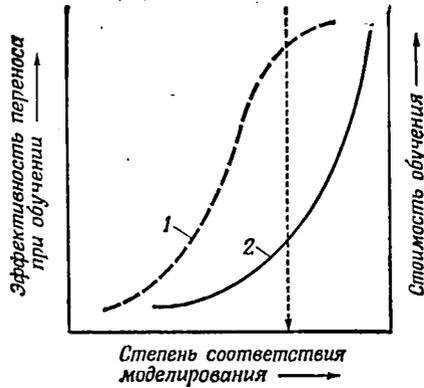
Моделирование в ходе *предварительного изучения* конкретной системы. Это наиболее частый случай. Прежде чем приступить к реализации, поведение систем и подсистем испытывается на различных стадиях их отработки в условиях, все более приближающихся к реальным. Иногда таким образом сравниваются различные проекты. Частный случай — моделирование не самой СЧМ, а лишь различных *процедур* ее функционирования.

Моделирование с целью *проверки* функционирования СЧМ в специфических условиях. К этому вопросу мы вернемся в следующем разделе, в связи с вопросом о валидности СЧМ, которая часто может быть определена только путем моделирования.

Моделирование в целях *подготовки операторов*. В этом случае речь почти всегда идет о моделировании в реальном масштабе времени.

Б. Различные типы моделирования. Типов моделирования столько же, сколько и типов моделей. Так, следует

Ф и г. 44. Гипотетическое соотношение между степенью соответствия моделирования, ролью переноса при обучении (1) и стоимостью моделирования. (2). Пунктирная стрелка указывает оптимальное решение.



Ф и г. 45. Примеры моделирования полета, расположенные с учетом соответствия модели и уровня абстракции.

различать моделирование на *физических* моделях (макетах); моделирование на *логических* моделях — весьма многообразный тип моделирования, идущий от использования простейших моделей типа «бумага-карандаш» до аналоговых вычислительных машин; и наконец, моделирование на *математических* моделях, чаще всего с использованием вычислительных машин, роль которых заключается именно в моделировании случайных событий. В предельном случае моделирование с использованием математических моделей позволяет сравнивать упорядоченные состояния независимо от ритма их появления (например, модели Маркова).

Существует другая классификация, важная с практической точки зрения, в основу которой положено различение *полного* и *частичного* моделирования СЧМ. Полным моделированием мы называем моделирование всей системы, включая и людей-операторов. Это, естественно, определяет достаточно высокий уровень абстрактности модели. При частичном моделировании работа человека не моделируется, хотя он и играет свою роль в реальной ситуации. Сюда относятся все виды тренажеров, предназначенных для обучения операторов. Аналогична и классификация Девиса и Бихана (1962), противопоставляющая моделирование входов в СЧМ и моделирование всего функционирования: входов, выходов и промежуточных преобразований. В то время как первый тип моделирования «реалистичен», второй и не стремится быть таковым.

Что касается частичного моделирования, в процессе которого участвует человек-оператор, следует отметить, что существуют различные поливалентные устройства, позволяющие осуществлять моделирование без больших материальных трудностей. Таков тренажер «СОЕД» Джонсона и др. (1961), предназначенный специально для моделирования пультов управления с исследовательскими целями. В системе обучения различные американские фирмы предлагают табло со стандартными элементами для моделирования пультов управления в химической и нефтехимической промышленности. К тому же типу относятся и очень совершенные летные тренажеры, создаваемые специально для каждого типа самолета и

обычно включающие аналоговые вычислительные машины.

В. Проблема соответствия. Чем точнее модель воспроизводит СЧМ, тем она дороже. Поэтому на практике и возникает проблема оптимизации, которая особенно относится к моделированию в целях обучения. Здесь несоответствие модели приводит к трудностям, возникающим при переходе от обучения на модели к обучению на реальной системе. Миллер изобразил эту альтернативу графически (фиг. 44).

Обермейер (1964) в своем интересном методическом исследовании предложил классификацию типов моделирования по двум признакам: по соответствию модели и по уровню абстракции. Из фиг. 45 видно, что эти переменные не коррелируются.

3.2. ПРИМЕРЫ

А. Моделирование системы контроля воздушного сообщения. Кидд [74] описал моделирование входов. Модель вводит в действие нескольких операторов. Аналоговые вычислительные машины дают весьма реалистические радиолокационные изображения. Цель моделирования — оценить влияние различных переменных: оживленности воздушного сообщения (количества самолетов, плотности и т. п.), типа и расположения приборов, циркуляции информации, различных процедур (в том числе и в их зависимости от количества операторов) и т. д. Используемые критерии относились к таким зависимым переменным, как продолжительность полета, время ожидания, расход горючего, непредвиденные случайности и т. д.

Б. Моделирование системы обслуживания баллистических ракет. Хэйторн (1963) описал систему моделирования, разработанную «Рэнд корпорейшн» с целью увеличения эффективности и, главное, быстроты запуска ракет. Речь идет о полном моделировании, т. е. таком, при котором моделируются все переменные СЧМ, включая и человека-оператора.

«Методика состоит в том, чтобы выяснить при помощи метода классического анализа, из каких категорий ра-

ботников должен состоять обслуживающий персонал; установить характеристики оборудования путем технического анализа; распределить операции по рабочим местам; построить модель, в которой отношения между оборудованием, персоналом и процедурными характеристиками были бы изоморфны реальным отношениям; проверить работу модели в условиях следующих одно за другим событий (*stress*), появление которых в действительности вероятно; оценить результаты с точки зрения эффективности и стоимости всей системы; затем снова проделать всю эту процедуру при различных распределенных операций на рабочих местах. В основу окончательного распределения операций была положена частота использования при их выполнении различных знаний и трудовых навыков, группирование их по квалификациям, а также частота очередей и эффективность использования персонала».

В. Моделирование при тренировке персонала. Модели для тренировки персонала особенно используются в авиации, во флоте и в космонавтике. Так, например, летные тренажеры для обучения пилотов в настоящее время используются повсеместно. Они представляют собой кабину пилота, связанную с аналоговой вычислительной машиной, которая воспроизводит на приборной доске характеристики полета в зависимости от действий обучающегося. Тренажеры все чаще используются также для обучения операторов крупных операторских пунктов на высокоавтоматизированных предприятиях, например в химической или нефтехимической промышленности. В этом случае применение вычислительных машин не обязательно: достаточным оказывается пневматический тренажер или даже подача инструктором «вручную» информации о моделируемых переменных. И в этом случае методическая проблема состоит в определении уровня соответствия моделирования, т. е. того, какие переменные следует при моделировании сохранять, а какие нет. Так, например, в одном из тренажеров, предназначенных для обучения управлению подводной лодкой, сохранены только операции рулевого управления и погружения. При этом моделируются только критические ситуации (следовательно, речь не идет о реальном времени в собственном

смысле слова). Входные переменные вводятся человеком-инструктором, а не вычислительным устройством, что значительно понижает стоимость моделирования.

3.3. МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Использование аналоговых вычислительных машин для летных тренажеров или в подобных случаях всегда слишком сложно и дорого, поскольку для каждой модели требуется особое аналоговое вычислительное устройство. Наоборот, моделирование на цифровой вычислительной машине, методика которого хорошо разработана в последнее время, имеет большие преимущества как с экономической точки зрения (используются серийные вычислительные машины), так и с точки зрения легкости его осуществления. Созданы языки моделирования, которые могут быть использованы в самых разнообразных ситуациях и которыми относительно просто овладеть. Упомянем некоторые из них: симскрипт (Rand Corp.), GPSS (IBM), симпак (Systems Development Corporation), CSI (IBM и Esso в Великобритании), симула и т. д.¹

Опишем кратко основные характеристики языка симскрипт, чтобы составить представление об очень гибких «семантических» возможностях языков подобного типа².

Как образец синтаксиса симскрипта взят синтаксис Фортрана. В обоих языках инструкции по расчету, испытанию, передаче, контуру практически идентичны.

Модель, описываемая при помощи языка симскрипт, состоит из следующих элементов:

- численного описания *состояния* системы;
- программы, которая состоит из подпрограмм, называемых *событиями* и изменяющих состояние системы;
- подпрограммы управления временем и событиями.

¹ В следующей главе (разд. 2.3) дан пример моделирования на ЭВМ, позволяющего оценить нагрузку на оператора в задаче наблюдения.

² Элементы этого описания мы заимствуем из публикации наших коллег из SACS (SEMA Analyse et Conception de Systèmes).

А. Симскрипт: *Описание состояния системы.* Для описания состояния моделируемой системы в симскрипт вводятся три понятия:

1. *Объект* — запись, воспроизводящая некоторый элемент модели. Он состоит из «свойств» и «множеств». При моделировании как объекты обозначаются, например, машина, оператор, самолет, сообщения и т. п.

Постоянные объекты, которые постоянно представлены в системе, о них заявлено раз и навсегда (например, машина).

Временные объекты — могут появляться и исчезать (например, самолет, который появляется в поле зрения диспетчера).

Оповещения о событиях — особые временные объекты, касающиеся времени событий, хода событий, передачи информации от события к событию.

2. *Свойство* — переменная, используемая для воспроизведения некоторой характеристики объекта. В противоположность объектам, не несущим количественной информации, свойства дают такую информацию (например, скорость самолета).

3. *Множество* — упорядоченная совокупность номеров, приписанных объектам. Следовательно, множества в языке симскрипт служат для воспроизведения множеств объектов. Существуют три правила классификации:

первым пришел — первым уходит;

последним пришел — последним уходит;

классификация по возрастающим или убывающим значениям свойства.

Б. Симскрипт: *Последовательное развитие событий.* Каждое событие соответствует одному элементарному действию, которое изменяет состояние моделируемой системы. В языке симскрипт различаются два типа событий:

1. *Внесистемное событие* — событие, запрашиваемое извне, при помощи карты, несущей номер, под которым значится событие, и «дату», т. е. требуемое время его возникновения.

2. *Внутрисистемное событие*, источник которого находится внутри модели. Чтобы надлежащим образом описать последовательное развитие событий, в язык сим-

скрипт введены понятия «оповещения о событиях» и «хронологического списка»,

Оповещение о событиях представляет собой информацию о тех событиях, причиной которых является данное событие. Эта информация говорит главным образом о том, когда должны происходить следующие одно за другим события, перечисленные в хронологическом списке.

В. Симскрипт: *Обработка событий.* Обработка событий включает кроме инструкций, описанных в пунктах А и Б, еще и следующие инструкции:

1. *Классические инструкции символических языков:* инструкции по использованию, испытаниям, передаче.

2. *Особые инструкции:* инструкция по испытаниям с целью проверки, является ли множество пустым или нет; повторная инструкция; инструкция по поиску максимума некоторой совокупности.

Отметим, наконец, что для расчета случайных переменных используется генератор классических псевдослучайных чисел и их функции распределения.

4. КРИТЕРИИ ВАЛИДНОСТИ СЧМ

4.1. ПРИРОДА КРИТЕРИЕВ

Целью любого эргономического исследования является улучшение работы СЧМ, но для этого необходимо хотя бы один раз проверить, действительно ли исследуемая система работает или работает лучше других систем.

Следовательно, необходимо определить как можно раньше один или несколько критериев валидности, т. е. выбрать из числа зависимых переменных системы (или, если угодно, выходных переменных) те, которые позволили бы условно оценивать эффект эргономического вмешательства. Если речь идет о превентивной эргономике, минимальными критериями являются «технические требования» к исследованию, причем оценка производится только после создания (хотя бы частично) СЧМ. Если же речь идет о коррективной эргономике, то критерии

оцениваются до и после вмешательства, а полученные различия в характеристиках служат мерой эффективности введенных изменений.

Как мы видели в предыдущем разделе, оценка СЧМ может производиться на уровне моделирования. Результатом такой оценки является приблизительное представление о действительной валидности системы. Это представление тем точнее, чем больше модель соответствует реальной системе. Само собой разумеется, что такую оценку следует производить и на уровне реальной системы. В обоих случаях методы выбора критериев и оценки одинаковы, но в случае моделирования применять их гораздо легче. В связи с этим отметим частный случай, когда критерии валидности позволяют сравнивать модель и реальную СЧМ [122]. В этой работе рассмотрены вопросы подачи топлива из самолета-заправщика в летящий истребитель.

Критерии системы «человек и машина» относятся ко всей системе. В гл. 1 мы говорили о том, что усилия ученых, изучавших трудовую деятельность, сначала были направлены на исследование машин, а затем — на изучение человека (human engineering). В настоящее время характерной чертой эргономики систем является то, что она рассматривает СЧМ как единый организм, имеющий собственные критерии оценки. Эти критерии отличны от критериев, используемых при изучении рабочего места и чаще всего являющихся критериями эффективности работы человека.

4.2. ВЫБОР КРИТЕРИЕВ

Выбор критериев всегда очень важен, так как от него фактически зависит успех или неудача эргономической операции или, точнее, суждение об успехе или неудаче. Поэтому рекомендуется не производить этого выбора наспех и тем более не забывать определять эти критерии.

Выбор критериев — это проблема оптимизации. Действительно, чрезвычайно редко бывает так, что какой-то один-единственный критерий оказывается настолько значимым, что позволяет пренебрегать всеми остальными зависимыми переменными. Всегда существует несколько

конкурирующих критериев. Мак-Кормик указывает в качестве примера на критерии, которые принимаются во внимание при выборе автомобиля: цену, скорость, ускорение, потребление горючего, расходы на содержание, комфорт, социальное положение и т. д. Выбор автомобиля будет зависеть от всех этих факторов, более или менее эмпирически взвешенных.

То же самое можно сказать и о выборе критериев валидности СЧМ. Только в этом случае оптимизация должна осуществляться рациональным способом насколько это возможно. На данной стадии можно использовать некоторые методы исследования операций.

В большинстве случаев, приступая к определению критериев, исследователь должен считаться с рядом ограничений в виде минимальных или максимальных значений, за пределы которых он не должен выходить. Обычно сюда относятся стоимость системы, число несчастных случаев (максимальные значения) или некоторые другие характеристики (например, автономность полета), надежность отдельного компонента и т. п. (минимальные значения).

Часто бывает удобно использовать стоимость как единую меру для всех критериев, что позволяет легче сравнивать их значения. В гл. 7 мы еще вернемся к вопросу о методическом превосходстве экономических критериев в эргономике.

Какой тип критериев наиболее часто встречается при изучении СЧМ?

Во-первых, следует указать на *экономические* критерии, особенно на стоимость производства и функционирования СЧМ.

Полезным критерием является также и *время* — общее или частичное время, относящееся к той или иной критической фазе. Обычно время стремятся довести до минимума.

Следующая группа критериев — *недостатки* (ошибки, повреждения, неисправности). Можно рассматривать также недостатки той или иной подсистемы (механические недостатки или ограничения человека), но тогда речь идет скорее об исследовании причин, кроющихся в особенностях функционирования всей системы.

Таблица 5.7

ПЛАН АНАЛИЗА СИСТЕМЫ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ
(зависимые переменные являются критериями валидности)

Экспериментальные переменные		Операциональные характеристики	
Независимые	Состав экипажа	Экспериментальная группа	Состав экипажа: 30 человек; при выполнении различных заданий число членов экипажа не меняется
		Контрольная группа	Состав экипажа: 30 человек; при выполнении различных заданий число членов экипажа не меняется. Каждый день члены экипажа выбираются из тех, кто имеется в наличии для охраны
	Трудность задания	Большая	Количество проникнувших самолетов, появляющихся на экранах (по типу «свой» или «чужой») за каждые 10 мин (общее время 120 мин)
		Незначительная	Вдвое меньшее число проникнувших самолетов, появляющихся на экранах (по тому же типу), и вдвое меньшая общая продолжительность задания, чем в случае заданий высокой трудности
Зависимые	Показатели несовершенства системы	Непосредственные	Цели, пораженные вражескими самолетами Медiana задержек при первичном обнаружении самолета Процент своих самолетов, принятых за вражеские
		Косвенные	Процент обнаруженных бомбардировщиков Процент сбитых бомбардировщиков Процент опознанных вражеских самолетов

Функционирование СЧМ или какой-либо части этой системы иногда существенно определяется особенностями *циркуляции информации*. В частности, существенной функцией некоторых СЧМ военного назначения является разведывательная функция.

Для некоторых СЧМ, в которых человек играет важную роль, существенным критерием оценки может явиться быстрота и легкость обучения. Правда, этот тип критериев можно рассматривать также и как одну из составляющих общего критерия — «стоимости функционирования». Однако полезно подчеркнуть, что данный критерий часто недооценивается.

Не следует забывать и о критериях, связанных с *эффективностью*. Они всегда специфичны для каждой данной СЧМ, и для каждого случая их следует изучать особо. Выше мы ссылались на сравнительное исследование различных систем, осуществляющих стыковку в космосе. Одним из критериев в данном случае было потребление горючего, которое, однако, рассматривалось не с экономической точки зрения (как это обычно бывает в промышленности), а как технический показатель (числа маневров, например). На предприятиях критерии эффективности чаще касаются качества продукции.

В табл. 5.7, заимствованной из работы [37], приведен пример плана анализа СЧМ (системы противовоздушной обороны), в котором ясно разграничиваются независимые и зависимые переменные (эти последние представляют собой критерии).

4.3. ИЗМЕРЕНИЕ КРИТЕРИЕВ

После того как критерии определены, их нужно измерить или по крайней мере оценить. При этом вновь возникают все те характерные для анализа труда проблемы наблюдения, регистрации, замеров, к которым мы не будем здесь возвращаться.

В большинстве случаев для обработки полученных результатов используются классические статистические методы, позволяющие определить, являются установленные различия достоверными или нет. В этой связи различают два случая: первый — значение критерия дол-

жно просто достигнуть или не достигнуть какого-то заранее установленного значения; второй — критерий может показывать все степени различия между двумя переменными.

Тем, кто интересуется методами измерений в СЧМ, можно рекомендовать работы [98, 108], в которых рассмотрены проблемы оценки СЧМ в целом и прежде всего систем, находящихся на стадии проектирования (превентивная эргономика).

РЕЗЮМЕ

Система «человек и машина» не сводится просто к сумме рабочих мест. Ее анализ требует оригинальных методов, в которых преобладают понятия входной и выходной информации.

Среди различных моделей, используемых для анализа СЧМ, различают прежде всего модели, выявляющие связи между различными элементами системы. Наиболее простые из них — модели пространственной организации, которые анализируют, с одной стороны, материальные элементы СЧМ (машины, циферблаты и т. п.), а с другой стороны — человека-оператора. Эти модели ограничены по своим возможностям, поскольку они не позволяют вводить временные переменные. Последние характеризуют модели поэтапной организации, воплощаемые в схемах, на которых символически обозначаются различные состояния информации (диаграммы Кэрке) или логический поток информации (органиграммы). В моделях организации взаимодействий учитываются не последовательные состояния информации, как в моделях поэтапной организации, а причинные зависимости, существующие между элементами системы. Это модели статические.

Модели типа перечня функций, хотя и довольно широко распространенные, являются моделями ограниченных возможностей и, несмотря на свое название, не могут выразить динамику функций СЧМ. Приводится несколько примеров подобных перечней, основные из которых по существу описывают функции человека.

Метод Рида и его сотрудников базируется на смешанной модели и предполагает использование вычислительных машин.

При изучении происшествий как показателей дисфункционирования системы, инцидатором которого является Фаверж, вводится понятие функциональной единицы или ячейки. Этот подход позволяет анализировать «интерференцию», возникающую между единицами и являющуюся источником происшествий.

Моделирование СЧМ соответствует экспериментированию при изучении рабочих мест. Различают моделирование на физических моделях (макетах) и моделирование на логических моделях; наиболее гибкими являются математические модели. Сказанное приводит к постановке проблемы соответствия моделирования. Приведены некоторые примеры, взятые главным образом из области авиации. В настоящее время применение цифровых вычислительных машин расширяет возможности анализа СЧМ благодаря созданию языков моделирования; приводится пример такого языка.

Изучение СЧМ нельзя считать законченным до тех пор, пока не установлена валидность системы на самой системе или на ее модели. В связи с этим возникают проблемы природы, выбора и измерения критериев, диктуемых часто экономическими соображениями.

Эргономика систем. Усовершенствование систем „человек и машина“

Эргономика систем возникла позднее, чем эргономика рабочего места. Поэтому не только литература, посвященная СЧМ, менее обширна, но и не существует традиционной, ясно определенной структуры эргономики систем, подобной структуре эргономики рабочего места с ее классическими главами о бдительности, о сигнальных устройствах и т. д. Поэтому разделы, составляющие настоящую главу, не следуют один за другим согласно какому-то установленному порядку, а дают лишь некоторое предварительное представление о вопросах, возникающих в этой мало исследованной области.

1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ МЕЖДУ ЧЕЛОВЕКОМ И МАШИНОЙ

1.1. МЕТОДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

А. Проблема. Изложить историю распределения функций между человеком и машиной — значило бы написать историю трудовых процессов, которая показала бы, как человек последовательно передавал машине сначала

двигательные функции, затем функции передачи информации, в настоящее время — некоторые функции приема и преобразования информации, а завтра может быть передат и функции принятия решений... Мы ограничимся рассмотрением проблемы в том виде, в каком она встает сегодня. Во многих случаях на поставленный вопрос о распределении функций между человеком и машиной следует немедленный ответ: только человек может читать различные рукописные тексты; только машина может сдвинуть с места большое судно; только электронная система может менее чем за секунду передать сообщение за многие сотни километров и только человек может придать смысл этому сообщению и т. д. Однако в сколько-нибудь сложных СЧМ очевидны далеко не все решения проблем, связанных с распределением функций, особенно если учитывать критерии стоимости. Поэтому нам нужно теперь рассмотреть методы распределения, выработанные эргономикой.

Вопрос о том, какие функции из числа тех, которые должна выполнять система, доверить человеку, а какие — машине, возникает главным образом на этапе проектирования системы (превентивная эргономика). Но он может также стоять и на этапе ее преобразования, хотя в этом случае по всем основным вопросам уже принято окончательное решение и изменения могут касаться только некоторых второстепенных аспектов.

Б. Распределение на основании перечней функций. Методы, при помощи которых до сих пор решалась проблема распределения функций, довольно примитивны и почти всегда выглядят следующим образом: в виде списка строится модель функций СЧМ и для каждой из этих функций решается, должна ли она быть передана человеку или машине. Такое решение носит весьма предварительный характер. С одной стороны, как мы видели в гл. 5, модели типа перечня функций не лишены таких недостатков, как вербализм, антропоцентризм, неприспособленность к описанию структуры. С другой стороны, решение принимается фактически на основании предварительно составленных списков, в которых в очень обобщенном виде перечислены виды функций, по которым человек превосходит машину, или наоборот. Несмотря на

эти критические замечания, все же приведем подобные списки, так как они встречаются в технической литературе настолько часто, что представляют по меньшей мере исторический интерес...

Вульфек и Цейтлин [135], а затем Жорден (1963) подвергли метод «перечня» дополнительной и к тому же более основательной критике. Эта критика касается самого принципа сравнения человека и машины. В той мере, говорят они, в какой человек сравним с машиной, следует стараться заменить его машиной. Здесь нельзя говорить о полной симметрии, так как в идеале следует стремиться настолько возможно переложить на машину труд человека. Не приняв такой установки, мы отказались бы от всякого прогресса, поскольку прогресс как раз и заключается в создании все более совершенных машин. Существующий уровень техники никогда нельзя рассматривать как нечто данное раз и навсегда. В действительности, говорит Жорден, человек и машина несравнимы, но они дополняют друг друга. Поэтому проблему распределения нужно сформулировать по-другому.

Чапанис [29] продолжил и углубил критику, направляемую в адрес метода перечней, в статье, являющейся образцом методологического анализа. Практика показала, говорит он, что списки функций носят слишком общий характер для того, чтобы их можно было действительно использовать. Общее утверждение типа «электронно-вычислительная машина превосходит человека при расчетах» вполне может оказаться ложным применительно к частному случаю, в котором человек-оператор, вооруженный счетной линейкой, произведет расчет значительно быстрее, чем машина. Кроме того, перечни функций всегда указывают, какое звено (человек или машина) показывает лучшие результаты. Однако на практике очень часто требуется просто узнать, может ли быть обеспечено выполнение данной функции. Речь идет об определении порога, а не максимума. Чапанис приводит пример со сборщиком пошлины на автостраде. Если речь идет только о том, чтобы давать сдачу, человек будет работать быстрее, но можно использовать и машину. Приведенные критические замечания могут быть резюмированы следующим образом: каталоги не позволяют найти опти-

мальное распределение функций между человеком и машиной и, следовательно, задача заключается в нахождении компромиссного решения.

В. Другие методы распределения. Чапанис в своей уже упомянутой нами статье выдвигает если не точный метод, то по крайней мере методологическую установку, которая в основном заключается в следующем: 1) СЧМ не оторваны от уровня цивилизации. Распределение функций между человеком и машиной частично определяется социальными, экономическими и политическими категориями. 2) К вопросу о распределении функций нужно возвращаться постоянно, даже после того, как система создана. 3) Функции машины не должны считаться раз и навсегда определенными. В области технологии почти столько же неокончательных и приблизительных решений, сколько и в области психологии.

Исходя из сказанного, Чапанис определяет стратегию распределения функций. Во-первых, нужно полностью и детально проанализировать СЧМ. Мы бы сказали: проанализировать СЧМ согласно «модели связей» и особенно определить те переменные — критерии, которые могут привести к оптимизации. Во-вторых, нужно провести *детальный* анализ функций. Довольствоваться такими терминами, как «принятие решения», «восприятие», «кратковременная память», «кодирование» и т. д., недостаточно. В-третьих, нужно постараться отнести функции к человеку или машине, но без излишнего догматизма, пробуя различные решения и всегда имея в виду систему как целое и осознавая при этом спорность исходных данных, особенно в тех случаях, когда речь идет о надежности человека-оператора. Наконец, следует оценить всю нагрузку, которую создают функции, приписываемые каждому оператору, с тем, чтобы проверить, не является ли она чрезмерной, или чтобы найти компромисс, позволяющий оптимизировать отношение независимых переменных к зависимым (критериям).

Типл (1961) предложил метод, претендующий на количественное решение и классифицирующий функции на основании особенностей человека и машины. Сначала Типл анализирует функции СЧМ, описывая их как действия, расчеты, коммуникации и решения, а затем припи-

сывает этим функциям такие параметры, как частота, скорость, стабильность, точность, значимость, исходя из предварительно установленной шкалы оценки. Именно в этом и состоит ахиллесова пята метода, представляющего собой довольно солидное сооружение, покоящееся на хрупком основании (поскольку шкала оценки неизбежно носит приблизительный и субъективный характер). После этого Типл устанавливает индексы и формулы, теоретически позволяющие обнаружить избыток или недостаток нагрузки на человека-оператора или на машину.

Метод Шапиро и др. (1961) более убедителен. В основе его лежит общий принцип, согласно которому вмешательство человека-оператора требуется во всех случаях, когда в процессе преобразования между входом и выходом системы переменные претерпевают структурные изменения. Иными словами, человек должен включаться в работу системы каждый раз, как появляется неуверенность в том, каким образом следует перерабатывать информацию. При анализе Шапиро пользуется моделью типа модели связей, что выгодно отличает его метод от методов, основанных на моделях типа перечней.

1.2. СПИСКИ ФУНКЦИЙ

Несмотря на критические замечания в адрес списков, перечисляющих распределение функций между человеком и машиной, основные из них объединены в табл. 6.1 [25, 60, 94, 98, 105]. Хотя эти данные и не позволяют реально распределить функции в данной СЧМ, но все же они могут привлечь внимание специалиста по эргономике к тем или иным аспектам системы.

1.3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ МЕЖДУ ЧЕЛОВЕКОМ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНОЙ

В табл. 6.1 большинство функций, отнесенных к машине, касаются электронно-вычислительных машин. В самом деле, проблемы распределения функций между человеком и машиной все чаще являются проблемами распределения функций между человеком и вычислительной машиной. В этом случае они более трудны и более

Таблица 6.1

СРАВНЕНИЕ ФУНКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА И МАШИНЫ В СЧМ

Функция	Характеристики человека	Характеристики машины
Обнаружение	<p>Шкала раздражителей ограничена возможностями органов чувств</p> <p>Обнаруживает раздражители очень небольшой интенсивности</p> <p>Чувствительность довольно хорошая</p> <p>Легко осуществляет фильтрацию при изменении программы</p>	<p>Весьма обширная шкала раздражителей</p> <p>С трудом обнаруживает раздражители небольшой интенсивности</p> <p>Чувствительность превосходная</p> <p>С трудом осуществляет фильтрацию при изменении программы</p>
Различение	<p>Может охватить довольно большое количество физических измерений</p> <p>Различает довольно слабое соотношение сигнал/шум</p> <p>Емкость канала посредственная</p> <p>Запоминает модели довольно высокой сложности</p> <p>Константность восприятия формы (например, видимой в перспективе)</p> <p>Восприятие глубины и рельефа</p>	<p>Может охватить лишь очень незначительное количество физических измерений</p> <p>Обычно не различает слабых соотношений сигнал/шум</p> <p>Емкость канала довольно высокая</p> <p>Потенциально может запоминать очень сложные модели</p> <p>Константность восприятия очень невелика</p> <p>Сильно затрудненное восприятие глубины и рельефа</p>
Интерпретация	<p>Очень большая гибкость программирования и перепрограммирования. Возможно самонструктурирование (опыт). Модификация кодов по ходу дела («изобретательность»)</p> <p>Способен работать в непредвиденных ситуациях</p> <p>Способность запоминания кодов и языков неизвестна, но практически ограничена</p>	<p>Гибкость перепрограммирования мала. Жесткое кодирование. Возможности самообучения (опыт) ограничены. «Изобретательность» очень незначительная</p> <p>Плохо работает в непредвиденных ситуациях</p> <p>Очень высокая способность запоминания кодов и языков</p>

Функции	Характеристики человека	Характеристики машины
	<p>Может использовать избыточную информацию, организовывать фрагменты информации в укрупненные и взаимосвязанные смысловые единицы</p> <p>Способен к индукции и обобщению</p> <p>Рассуждение неточное, но может использовать свернутые формы</p>	<p>Организация восприятия сильно ограничена</p> <p>Не способна к индукции и обобщению</p> <p>Рассуждение очень точное, но не может использовать свернутые формы</p>
Вычисление	Медленное и неточное	Очень быстрое и очень точное (особенно дифференцирование и интегрирование)
Связь стимул — ответ	<p>На один и тот же стимул может реагировать по-разному</p> <p>Реакция относительно медленная и нестабильная</p>	<p>Число возможных различных реакций на один и тот же стимул очень ограничено</p> <p>Реакция быстрая и стабильная</p>
Ответная реакция	<p>Точность и интенсивность реакций ограничены</p> <p>Трудно и непродолжительно осуществляет быстро повторяющиеся ответные реакции</p>	<p>Реакции очень точные и интенсивные</p> <p>Осуществляет быстро повторяющиеся ответные реакции легко и в течение продолжительного времени</p>
Автономность	Большая независимость в передвижении и саморегулировании (гомеостазис)	Очень незначительная независимость в передвижении и саморегулировании
Надежность	Довольно небольшая, особенно подвержена колебаниям во времени	Может быть очень высокой. Очень устойчива
Продолжительность работы	Незначительная, если работа ведется без перерывов (утомление). Но способен к превышению своих возможностей (стрессе)	Неограниченная. Крайне редко нуждается в перерывах. Неспособна к превышению своих возможностей

интересны, чем классические проблемы, поскольку технология вычислительных машин стремительно развивается. Без сомнения, они и составят объект исследования эргономики будущего.

Прежде всего следует различать проблемы, которые должны решаться в *реальных* масштабах времени (on line), и проблемы, при решении которых вычислительные машины используются исключительно для научных расчетов или целей управления (off line). В последнем случае распределение функций практически не представляет никаких трудностей. В самом деле, вычислительные машины для научных расчетов или управления всегда превосходят человека уже по той простой причине, что они созданы и внедрены как раз для того, чтобы выполнить работу человека-оператора эффективнее и быстрее, чем он. Иначе дело обстоит с вычислительными машинами, работающими в реальном времени. В этом случае человек и машина являются составными частями действительных СЧМ, и тут могут возникать проблемы распределения их функций. Но эта область еще мало исследована.

Сравнивая эффективность работы человека и вычислительной машины без учета экономических и социальных аспектов (которые в действительности очень важны), Эдвардс (1962) пришел к следующим выводам.

В задачах *поиска решения* вычислительная машина превосходит человека по скорости и точности, терпеливо и «бездумно» она исследует все возможные решения. Управляемая «эвристической» программой, т. е. системой правил, исключающих все бесполезные ходы, она всегда находит решение, если, конечно, таковое имеется. Вычислительная машина превосходит человека также и в области *долговременной памяти*. К тому же вычислительная машина не обладает эмоциями, дисциплинирована и работоспособна...

Зато человек превосходит машину в других отношениях. Во-первых, данные его памяти гораздо более доступны для использования. Значительно выше также и его способность распознавания фигур, несмотря на последние успехи, сделанные в этой области вычислительной машиной. В самом деле, человек быстро и легко разбивает на классы области, подлежащие опознанию, чему

обучить машину очень трудно. К тому же человек легко преодолевает трудности, связанные с неопределенной и двусмысленной информацией, и может определить ее вероятностные характеристики. Вычислительная машина работает только при достоверных сведениях. В связи с этим некоторые СЧМ военного назначения обязательно должны включать человека, поскольку в них решающую роль играют операции «оценки». Человек по сравнению с вычислительной машиной более надежен в том отношении, что может корректировать свои действия. Без сомнения, наиболее заметно превосходство человека над вычислительной машиной в области астронавтики. Так, например, при исследовании лунной поверхности никакой прибор (каким бы совершенным он ни был) пока не может полностью заменить человека.

В экспериментальном плане сравнение человека и машины проводилось редко. Отметим исследование, проведенное Шаффером (1965) и относящееся к решению задач стохастическими методами. Задача предполагала последовательные решения. Как и следовало ожидать, победителем из этого состязания вышла вычислительная машина.

Можно отметить очень общее исследование проблемы согласования функций СЧМ, проведенное Оплером (1961). Он различает следующие уровни сложности: система один человек — одна машина; система один человек — одна вычислительная машина в значимой физической среде; система один человек — одна вычислительная машина с непосредственно связанной с ней физической средой; система несколько человек — несколько вычислительных машин, непосредственно связанная с физической средой.

Можно упомянуть также опыт Хемпхилла и Мак-Конвилла (1965), правда, не полностью относящийся к данной проблеме. Они сравнивали решение одной и той же задачи двумя группами. Первая группа решала задачу совместно с человеком-оператором, вторая — совместно с вычислительной машиной, причем опыт был организован таким образом, что ни одна из двух групп ничего не знала о своем «партнере». Никаких различий ни в результатах работы, ни в предвидении поведения

«партнера», ни в структуре процессов решения не наблюдалось. Однако поведение человека было признано более путанным, чем поведение машины.

Заканчивая данный раздел о человеке и вычислительной машине, необходимо напомнить обширную, но пока еще почти не разработанную область «искусственного интеллекта». Даже краткое ознакомление с этим вопросом потребовало бы отдельного труда и обширных знаний в области неврологии, биологии, психологии, логики, кибернетики, математики и электроники. Поэтому мы лишь ограничимся замечанием, что возможно уже в недалеком будущем эргономика должна будет учитывать результаты, полученные в этой области.

2. УКОМПЛЕКТОВАНИЕ ОПЕРАТОРСКИХ ПУНКТОВ

2.1. ПРОБЛЕМА

Проблема укомплектования операторских пунктов возникает в высокоавтоматизированных отраслях промышленности, таких, как химия, нефтехимия, энергетика, т. е. в тех отраслях, где дискретные процессы заменены процессами непрерывными. Проблема заключается в том, чтобы определить, сколько нужно операторов для работы у панелей информации и за пультами при наличии более или менее пространственно разнесенных контрольно-измерительных приборов.

Ответить на этот вопрос нелегко, потому что сигналы на таких постах случайны. Здесь нельзя просто складывать времена выполнения отдельных операций, как, например, в сборочных цехах. Возможно несколько решений. Необходимо найти оптимальное соотношение между стоимостью работы и ее безопасностью. Следовательно, решение задачи «укомплектования постов» находится где-то между двумя крайними, хотя и не абсурдными, решениями: включить в систему число операторов, равное числу контролируемых переменных (максимизация безопасности и стоимости); поставить одного оператора на весь завод (минимизация безопасности и стоимости).

Проблемы такого рода характерны для промышленности. В военной области и в области исследования космоса также возникают подобные проблемы, хотя вопрос о расходах на содержание персонала здесь обычно не ставится. Речь идет только о том, чтобы определить, может ли оператор на данном посту выполнять все требуемые операции.

Проблему укомплектования операторских пунктов нельзя рассматривать в отрыве от таких задач, как организация рабочего места, создание рабочих инструкций и обучение операторов на основе этих инструкций. Решения этой проблемы — лишь первый этап эргономики СЧМ.

2.2. ПРОСТОЕ РЕШЕНИЕ

В следующем разделе будет показано, что проблема укомплектования операторских пунктов может решаться при помощи довольно сложных и формализованных методов. Однако подобные методы часто слишком дороги для промышленной эргономики. Поэтому полезно, по-видимому, привести здесь в качестве примера довольно простой метод, предназначенный для операторских пунктов на газовом заводе, но затем нашедший применение также на многих других предприятиях¹.

С простотой этого метода связано одно его неудобство: он не позволяет с первого раза найти оптимальное решение. Речь идет скорее о методе, предназначенном для того, чтобы подтвердить, находится ли то или иное решение в соответствии с предварительно установленными требованиями к безопасности и расходам на содержание персонала.

А. Анализ труда. При анализе была использована простая модель типа «связей», в которой трудовой процесс определялся как некоторая последовательность сигналов и ответов на них. При этом сигналы считали случайными, а продолжительность ответной реакции — почти постоянной. Трудовая деятельность, к которой относится описанный ниже анализ, заключается в наблюдении за

¹ В разработке данного метода принимали участие наши коллеги Гурио и Морен.

контролируемым процессом при одновременном выполнении оператором «фиксированного» задания, над которым он продолжает работать в свободном ритме в течение всей восьмичасовой рабочей смены. К этому виду деятельности относятся некоторые операции по техническому обслуживанию (например, заполнение резервуара). Что касается «фиксированных» заданий, достаточно знать их число и продолжительность.

Для характеристики последовательности сигналов и ответов используются следующие переменные:

1. *Место появления сигнала* — циферблат, сигнальная лампа, прибор. В большинстве случаев используются зрительные сигналы.

2. *Характер сигнала*. Наиболее часты следующие типы сигналов: 1) Превышение верхнего или нижнего (или обоих) предела допустимых значений, причем ответная реакция состоит в «регулировании». 2) Появление какого-либо нежелательного события (например, утечка пара); в этом случае сигнал — «неисправность», ответ — операция, состоящая в заранее определенной последовательности действий. 3) Приказы или инструкции, относящиеся обычно к пуску или останову машин или производственных агрегатов. Этого типа сигналы обычно встречаются в начале и конце циклов наблюдения.

3. *Частота сигнала*. Для каждого сигнала определяются два параметра: средняя частота и дисперсия частот (которую не всегда легко измерить). Средние частоты сигналов могут меняться в очень широких пределах: от нескольких раз в час до одного раза в год.

4. *Полезная продолжительность сигнала*. В большинстве случаев ответ должен быстро следовать за сигналом, в противном случае возникают необратимые явления. Время между появлением сигнала и возникновением таких явлений, названное нами «полезной продолжительностью» сигнала, обыкновенно известно специалистам (фиг. 46). При непрерывных промышленных процессах реальная продолжительность сигнала почти всегда превышает его полезную продолжительность, а в радиолокации полезная и реальная продолжительность совпадают.

5. *Характер ответа*. Обычно речь идет о хорошо опре-



Ф и г. 46. Определение полезной продолжительности сигнала в операциях наблюдения.

деленном действии типа «закрыть клапаны», «пустить двигатель», «уменьшить давление» и т. д.

6. *Продолжительность ответа.* Этот показатель непосредственно вытекает из данных о характере ответа. В него включается и время перемещения.

7. *Последствия в случае отсутствия ответа.* Случайность появления сигналов и необходимость найти оптимальные соотношения между стоимостью и безопасностью иногда делают неизбежным определенный риск, который следует предвидеть и рассчитать. Вот почему необходимо отдавать себе отчет в последствиях, к которым приведет отсутствие ответа. На газовом заводе была произведена оценка риска по трем пунктам:

незначительный риск — небольшие материальные потери (воды или газа);

не очень серьезный риск — например, останов производства на несколько часов, существенный материальный ущерб и повреждение аппаратуры;

большой риск — например, взрыв или повреждение с человеческими жертвами и (или) остановом всего оборудования завода на несколько дней.

На некоторых предприятиях последствия задержки ответа можно вычислить по минутам, но исследование подобных данных сложно.

Б. Укомплектование операторских пунктов. Следующие три этапа позволяют выявить условия, при выполнении которых проектируемый пункт можно считать хорошо укомплектованным.

1. Исследование коллизий. Первый этап заключается в том, чтобы рассчитать возможности «коллизии сигналов» и освободить операторов от выполнения таких операций, которые связаны со слишком большой вероятностью коллизий. «Коллизией сигналов» называют такую ситуацию, в которой оператор, занятый ответом на какой-либо сигнал, не воспринимает другого сигнала или не может на него отреагировать. Ограничимся случаем с двумя сигналами.

Одновременное появление каких-либо двух сигналов не обязательно влечет за собой коллизию. Чтобы она произошла, нужно, чтобы полезная продолжительность (ПП) каждого из двух сигналов была меньше продолжительности ответа (ПО) на второй сигнал:

$$ПП_A < ПО_B$$

и

$$ПП_B < ПО_A.$$

На практике различают случаи, в которых ответы можно прервать, и случаи, когда это сделать нельзя. Сигналы, которые могут привести к коллизии с данным сигналом, легко определить из графика.

Но возможность возникновения коллизии между двумя сигналами еще не означает, что коллизия обязательно произойдет. Для этого нужно, чтобы интервал между сигналами был ниже определенного значения, равного разности между продолжительностью ответа на первый сигнал и полезной продолжительностью второго сигнала. Для каждой пары сигналов существуют, следовательно, два интервала в зависимости от того, какой из этих двух сигналов появляется первым. Для упрощения в расчет всегда принимается больший из этих двух интервалов.

После этого можно вычислить вероятность коллизий. Сначала определяется возможность появления каждого

сигнала в промежутке времени, равном интервалу коллизии. Вероятность коллизий равна произведению вероятностей появления двух сигналов, могущих вызвать коллизию за некоторый интервал времени. При расчете принимается, что все сигналы независимы.

Предположим, например, что сигнал *A* появляется один раз в день, а сигнал *B* — один раз в неделю и что *A* и *B* могут вызвать коллизию при интервале, равном 15 мин. В этом случае вероятность появления *A* за данные 15 мин равна примерно 1/100, и коллизия может возникнуть в среднем 1 раз за 100 недель, т. е. примерно раз в два года. Такой частотой можно пренебречь, например, если последствия выпадения ответа незначительны, но она становится угрожающей, если эти последствия очень серьезны. Поэтому исследование коллизий должно дополняться описанием последствий, которые они вызывают.

2. *Расчет рабочей нагрузки.* Сначала вычисляется средняя рабочая нагрузка для последовательности случайных сигналов (наблюдения). Она равна сумме продолжительностей ответов, умноженной на вероятности появления (средние частоты).

Кроме средней рабочей нагрузки, для укомплектования операторских пунктов нужно знать также «максимальную» нагрузку. Теоретически эта нагрузка бесконечна, так как можно представить себе, что однажды частота появления всех сигналов будет чрезвычайно высокой в течение всего 8-часового рабочего дня.

Практически произвольно устанавливается некоторый разумный предел, позволяющий определить так называемую «квазимаксимальную» рабочую нагрузку. Так, например, квазимаксимальная нагрузка может быть определена как значение, которое в 95 или 99% случаев выше суммы произведений продолжительностей ответов на вероятности появления сигналов. Можно также определить квазимаксимальную нагрузку для каждого сигнала, а затем сложить полученные значения.

3. *Укомплектование.* Имея данные о рабочей нагрузке для последовательностей случайных сигналов в сочетании с фиксированными заданиями, продолжительность которых постоянна, можно проверить, является ли операторский пункт «насыщенным», с учетом принятой степени

риска. Задачи между операторами можно распределить по-инному, организовав при этом новые операторские пункты.

2.3. БОЛЕЕ ФОРМАЛИЗОВАННЫЕ МЕТОДЫ

А. Аналитические методы и моделирование. Данные о постах наблюдения можно еще более формализовать, если ввести большее количество переменных, например интенсивность сигнала, и особенно некоторые характеристики, относящиеся к оператору (такие, как время его реакции).

Но в этом случае чисто аналитический метод очень быстро может стать чрезвычайно трудоемким, даже если в распоряжении исследователя имеется ЭВМ. Поэтому в литературе чаще всего находят отражение методы моделирования. С этой целью может быть использован язык симскрипт, описанный в гл. 5.

Ниже дан пример метода моделирования Зигеля и Вольфа для постов наблюдения. Исследование такого типа можно сопоставить с моделированием [65], разработанным в Лаборатории логистических систем «Рэнд корпорейшн» для оптимального перераспределения функций обслуживания ракетных систем (гл. 5, разд. 2.2, *Б*).

Промышленные посты наблюдения, которые описаны в данном разделе, не требуют быстрого выполнения операции со стороны оператора. Между тем полезно вспомнить серию исследований, относящихся к *временной организации передачи информации* в операциях (типа отбраковки и рассортировки) с сигналами, появляющимися в быстром темпе [87]. Правда, в этом случае речь идет скорее об эргономике рабочего места, чем об эргономике систем. Однако на практике может быть полезно при укомплектовании операторского поста наблюдения знать, как себя ведет человек-оператор в подобной ситуации. Основными переменными в операциях с вынужденным высоким темпом являются, с одной стороны, распределение сигналов по времени, а с другой — латентный период и продолжительность ответа на эти сигналы. Поведение оператора можно объяснить при помощи различных теоретических моделей. Лепла ссылается на модели очере-

дей. В этой связи он подчеркивает, что рабочую нагрузку оператора, который должен отвечать на случайно появляющиеся сигналы, нельзя свести к тому отрезку времени, в течение которого он занят. Опыт показывает, что существенная часть нагрузки определяется чувством напряженности, которое возникает в результате того, что оператор сознает свои задержки и представляет себе те операции, которые ему еще предстоит выполнить. Лепла напоминает также о модели Меррела (1963), позволяющей вычислить частоту пропусков по стохастической модели Фалманье [42], учитывающей свойственные человеку-оператору процессы саморегулирования и вводящей понятие активного периода, периода блокировки и т. д.

Б. Метод Зигеля и Вольфа. Зигель и Вольф описывают метод моделирования на вычислительной машине, позволяющий оценить нагрузку на оператора при наблюдении в условиях ограниченного времени.

Хотя метод относится к оценке одного рабочего места, он задуман таким образом, что позволяет выделить рабочие места в системе с несколькими операторами.

Модель делит операцию на несколько «подопераций», или «действий», которые оператор должен выполнить. Для каждого действия в программу вводятся следующие данные.

1. Среднее время \bar{t}_i , необходимое оператору для выполнения действия. Это — время выполнения работы оператором, не находящимся в стрессовом состоянии.

2. Среднее отклонение $\bar{\sigma}_i$ от среднего времени \bar{t}_i для среднего оператора, не находящегося в стрессовом состоянии.

3. Средняя вероятность \bar{p}_i успешного выполнения действия при отсутствии стрессового состояния.

4. Показатель «необходимости», т. е. того, насколько существен исход данного действия для выполнения всей операции.

5. Время вероятного ожидания ω_1 , т. е. количество секунд, в течение которых оператор не сможет начать действие.

6. Действие, которое следует предпринять в случае неудачи действия i .

7. Действие, которое следует предпринять вслед за удачным выполнением действия i .

С этими данными ЭВМ осуществляет три типа расчетов.

Во-первых, устанавливает условия срочности и стресса как функцию работы, которую осталось сделать, и имеющегося в распоряжении времени. Существуют три типа срочности.

1. Несрочная ситуация:

$$\sum_{j=i}^n \bar{t}_j \leq T - T_i^U,$$

где T — общее время, отведенное на выполнение всей операции; T_i^U — общее время, использованное на выполнение действий до действия $i - 1$ включительно.

2. Срочная ситуация:

$$\bar{T}_i^E + \bar{T}_i^N = \sum_{j=i}^n \bar{t}_j > T - T_i^U$$

и

$$\bar{T}_i^E \leq T - T_i^U,$$

где \bar{T}_i^E и \bar{T}_i^N — соответственно общее время, необходимое для выполнения оставшихся невыполненными основных и вспомогательных действий. Следовательно, срочная ситуация позволяет полностью выполнить только все основные действия.

3. Крайне срочная ситуация наблюдается тогда, когда не хватает времени даже для выполнения срочных действий.

В этом случае ЭВМ моделирует состояние «психологического стресса» оператора (S_i) непосредственно перед выполнением действия i . Фактор стресса, который в обоих предыдущих случаях равен 1, в случае крайней срочности становится равным

$$S_i = \frac{\bar{T}_i^E}{T - T_i^U} \geq 1.$$

Другими словами, стресс определяется как отношение еще не выполненных существенных действий к количеству времени, необходимому для их выполнения. Фактор стресса действует в направлении дезорганизации операции (вероятность успеха уменьшается, а время ответа возрастает). Можно определить «порог стресса» (M), за которым наступает срыв в работе оператора.

Второй тип расчетов на ЭВМ относится к времени выполнения действий с учетом \bar{t}_i , $\bar{\delta}_i$, M и случайных чисел.

Наконец, в-третьих, ЭВМ рассчитывает, может ли каждое действие рассматриваться как выполненное оператором или нет. Вероятность успеха действия p_i является функцией \bar{p}_i , S_i и M . Это довольно сложная функция, решающую роль в которой играет «порог стресса».

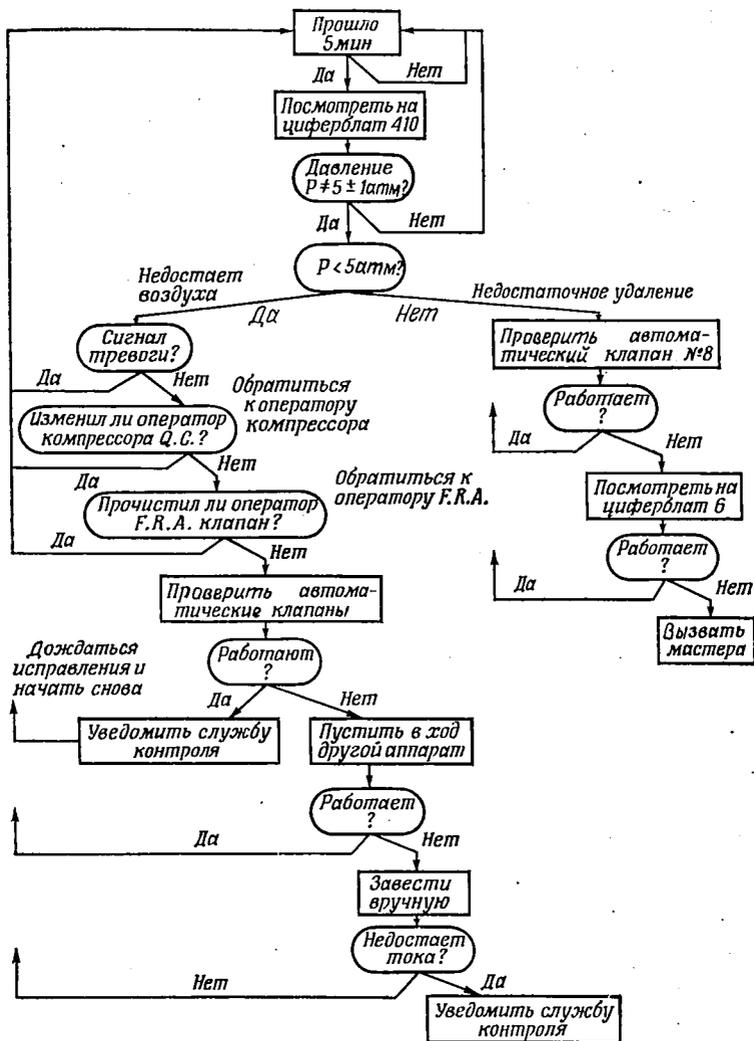
Модель может принимать в расчет повторения некоторых действий. Кроме того, она позволяет ввести новый параметр F , характеризующий быстроту оператора. Этот параметр нужен для того, чтобы учесть вариативность индивидуальных факторов.

Программа позволяет учитывать последовательности из 100 действий или «подопераций». Проверка на двух операциях (операции посадки самолета на авианосец и операции запуска ракеты воздух — воздух) показала, что валидность прогнозов, сделанных при помощи описанной модели, удовлетворительна.

3. СОСТАВЛЕНИЕ ИНСТРУКЦИЙ

Следует различать две фазы составления рабочих инструкций для операторов СЧМ. Первая фаза — распределение работ в пространстве (между операторами) и времени, вторая — описание структуры работы оператора. Вторая фаза поднимает психологические проблемы (формулирование понятий, решение проблем, запоминание). Мы не будем рассматривать их здесь, так как они касаются рабочего места (гл. 3). Зато первая фаза касается непосредственно методов анализа СЧМ.

В гл. 5 описана модель типа «органиграммы», которая находит непосредственное применение при составлении инструкций для СЧМ. На фиг. 47 в качестве примера



Ф и г. 47. Часть органограммы инструкции для системы производства удобрений.

показана подлинная органиграмма, использовавшаяся в исследовании на заводе по производству удобрений.

Подобные схемы имеют ряд преимуществ. Во-первых, они требуют абсолютной точности описания системы, поскольку на любой возникающий вопрос должен быть получен свой ответ. А ведь известно, что трудность операции в значительной степени заключается в ее неопределенности. Во-вторых, эти схемы позволяют с полным знанием дела выбрать между несколькими стратегиями.

Кроме того, они являются очень удобным инструментом для четкого разграничения рабочих мест внутри системы. Границы между рабочими местами бывают двух видов. Вертикальные границы отделяют рабочие места между собой, горизонтальные — устанавливают ответственность оператора по отношению к высшей иерархической ступени (старшему мастеру, бригадиру). Последняя характеристика весьма полезна, ибо многие нарушения в управлении системами происходят из-за того, что недостаточно точно определено, какие неполадки должен устранять сам оператор, а какие (обыкновенно более редкие) требуют вмешательства более компетентного специалиста.

Заслуживает внимания также метод представления инструкций, предложенный Видманом и Айрлендом (1965).

4. НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК И МАШИНА»

4.1. НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМЫ

Известно, какое большое значение в настоящее время придается надежности в современной технике и особенно в таких ее областях, как авиация и космонавтика. Этой проблеме посвящена обширная литература, отражающая исследования, которые проводились конструкторскими бюро в целях уменьшения процента срывов в работе системы [11].

Наиболее интересные исследования относятся к надежности систем в целом, т. е. к общей надежности сово-

купностей, состоящих из элементов. Существенными факторами, определяющими надежность системы в целом, являются надежность каждого отдельного элемента, количество элементов и способ их группировки. Изложение правил, лежащих в основе расчета надежности, выходит за рамки настоящей работы. Отметим только, что следует различать два существенно разных случая в зависимости от того, как размещены составные части системы — последовательно или параллельно.

Если составные части системы образуют *последовательный ряд*, выход из строя одной какой-либо составной части вызывает срыв в работе всей системы, причем надежность в работе каждой отдельно взятой составной части не зависит от надежности других частей. Поэтому для получения надежности системы в целом следует перемножить надежности ее составляющих:

$$F_{\text{системы}} = F_1 \times F_2 \times F_3 \times \dots \times F_n.$$

Следовательно, чем больше составляющих в системе, тем менее надежной будет система.

Иное положение при *параллельном соединении* составных частей системы. Количество составляющих повышает в этом случае общую надежность, которую можно вычислить по следующей упрощенной формуле:

$$F_{\text{системы}} = [1 - (1 - f)^m]^n,$$

где m — число параллельно соединенных составляющих для каждой функции; n — число функций; f — надежность составляющих. При использовании этой упрощенной формулы принимается, что надежность всех составляющих одинакова и что для всех функций количество параллельно включенных составляющих также одинаково. В остальных случаях необходимо использовать более сложные формулы.

Какой бы ни была структура системы, для определения ее общей надежности всегда необходимо знать надежность ее составляющих. В СЧМ встает при этом во всей своей сложности проблема измерения надежности человека-оператора.

4.2. НАДЕЖНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА

А. Проблема. Количество публикаций по вопросу о надежности человека-оператора, рассматриваемого как звено СЧМ, невелико. Тем не менее это очень важная проблема. Согласно опубликованным данным, 25—40% срывов в работе систем приходится на долю человека. В предыдущих главах мы видели, насколько решающую роль играют ошибки человека. Особенно это относится к человеку-оператору как приемнику и преобразователю информации, и было показано даже, что человек является основным источником шума в СЧМ, предназначенных для переработки информации.

Поэтому некоторые исследователи занялись разработкой методов измерения надежности человека-оператора, т. е. методов, которые позволили бы вычислить вероятность срывов в работе по его вине и последствия таких срывов. Далее мы кратко опишем некоторые из этих методов, которые, естественно, в значительной мере связаны с методами анализа труда, изложенными в гл. 2.

Прежде всего необходимо высказать критическое замечание в адрес одной тенденции, которая иногда проявляется в данной связи и которая состоит в поисках надежности человека-оператора для тех или иных функций. Повторяем, мы не думаем, что знания, которыми в настоящее время располагают психологи и физиологи, достаточны для того, чтобы можно было написать главу по антропологии с перечислением значений надежности различных функций человека независимо от условий, в которых эти функции проявляются. Человека-оператора нельзя рассматривать как электронный блок, и надежность для каждой СЧМ должна изучаться в отдельности. Обобщения могут иметь значение только очень общих указаний.

Б. Несколько методов измерения. Одной из последних работ, посвященных изучению надежности в СЧМ, является работа Мейстера [97]. Автор рассматривает любое отклонение в работе системы, вызванное прямо или косвенно оператором, как ошибку. Таким образом, он явно подчеркивает, что изучает надежность оператора

как функцию систем, а не саму по себе. Автор дает обзор различных методов анализа ошибок, рассматривает большое количество отчетов, делает попытку свести воедино их данные, которая по его собственному признанию оказывается довольно безуспешной. По словам Мейстера, основные методологические трудности, с которыми он при этом сталкивается, следующие: недостаточно известно о возможностях человека; очень трудно разложить поведение человека на «элементарные» операции, так как для этого недостает подходящей классификационной основы (так мы возвращаемся к проблемам анализа труда); делается предположение, что эти «элементарные» операции независимы друг от друга, а это часто бывает не так.

Среди методов, на которые ссылается Мейстер, нужно выделить метод прогнозирования степени ошибок человека, предложенный Суэйном [124] (THERP — Technique for Human Error Rate Prediction). Метод состоит из четырех этапов:

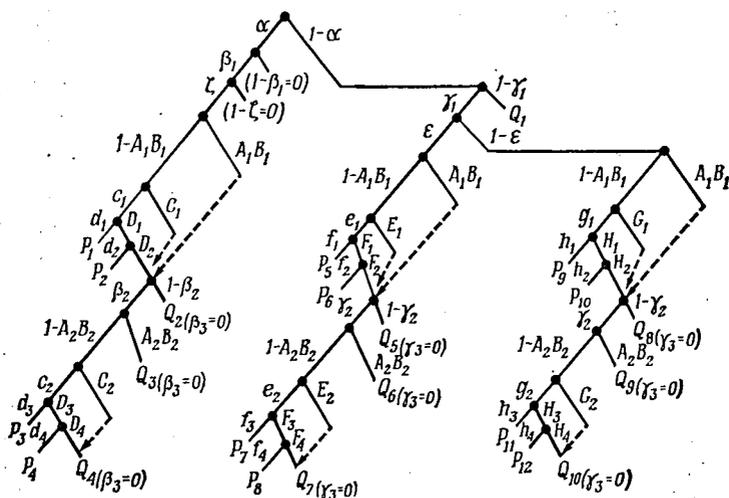
1. Определение неполадок (срывов) в работе СЧМ, надежность которой предстоит оценить.

2. Описание всех операций человека и их связи с остальными функциями СЧМ. К этому этапу относится составление графа вероятностей успешной и безуспешной работы системы (фиг. 48).

3. Прогнозирование процента ошибок для каждой операции или группы операций человека.

4. Определение влияния ошибок человека на СЧМ по формулам, учитывающим вероятности операций, вероятности ошибок при выполнении этих операций и вероятности их последствий.

Гораздо более простой метод оценки надежности человека-оператора в СЧМ был предложен в работе [72]. Число предвидимых ошибок человека при выполнении некоторого количества операций в отдельных специфических подсистемах определяется на основе чисто эмпирических расчетов. Так, для того чтобы предвидеть ошибки человека при использовании электронного оборудования, достаточно стоимость оборудования умножить на его вес и объем. Ошибки являются простой функцией полученного произведения. Подобно этому для механического



Фиг. 48. Граф вероятностей успешной и безуспешной работы СЧМ по Суэину [124].

P — успех; *Q* — неудача. Строчными буквами обозначены успешные действия человека-оператора; прописными — его неудачи; греческими — вероятность событий, не находящихся под непосредственным контролем человека в системе.

оборудования нужно умножить его стоимость на вес и разделить полученное произведение на объем. Проверка валидности этого метода оценки на 12 подсистемах ракеты класса земля — воздух показала ранговую корреляцию 0,73 между предсказанными и полученными значениями в течение 3 месяцев. Формулы, используемые автоматами, имеют некоторое логическое обоснование. Так, стоимость нового современного оборудования более высокая, но это связано и с его сложностью.

Среди других исследований, посвященных изучению надежности оператора, нужно в первую очередь отметить монографию Миллера и др. [100], описывающую модель количественной оценки надежности человека-оператора в СЧМ и ее применение к внешним системам связи. Можно отметить исследование [113], в котором дан метод количественной оценки работы человека в сложных СЧМ; исследование Рука, разработавшего статистический метод оценки надежности для тех случаев, когда данные могут

быть легко упорядочены, и, наконец, уже упоминавшийся в гл. 5 метод Кэрке, позволяющий оценивать надежность системы на основе логического анализа этой системы.

5. ПРОЦЕССЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ «ЧЕЛОВЕК И МАШИНА»

5.1. СЧМ КАК ОРГАНИЗМЫ

В наиболее современных работах по эргономике, особенно в Европе, предлагается более широкое и содержательное понимание СЧМ. Они рассматриваются как «открытые системы» в том смысле, который этим словам придает Берталанффи. Модели, используемые при анализе СЧМ, уже не являются больше относительно статическими моделями, раскладывающими систему на элементы и связи между элементами. Понятия деятельности, адаптации, гомеостази, самоорганизации, регулирования и т. д. используются для описания динамических аспектов СЧМ.

Данная тенденция появилась недавно, поэтому примеры, которые в этой связи можно привести, немногочисленны, хотя те немногие работы, в которых указанная тенденция проявляется, уже отличаются высокой степенью формализации [48—50]. Приведенные далее примеры заимствованы из этих работ.

Такое понимание эргономики СЧМ ведет к созданию эргономики систем «человек — человек» и этим совершенно оригинальным путем перебрасывает мост от эргономики к социальной психологии.

5.2. ПРИМЕРЫ ПРОЦЕССОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ СЧМ

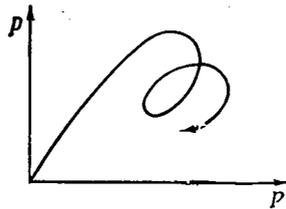
Остановимся только на двух из приведенных Фавержем примеров, относящихся к области промышленного производства. Понятие регулирования в них рассматривается на уровне СЧМ, т. е. применительно к группе операторов (рабочих, служащих и т. д.), совместно выполняющих операцию при определенных материальных и

эргономических условиях. Правда, Фаверж изучал понятие регулирования и на отдельных рабочих местах, а также на более высоком уровне — когда либо все предприятия в целом, либо по крайней мере одно из его крупных подразделений рассматриваются как система [49].

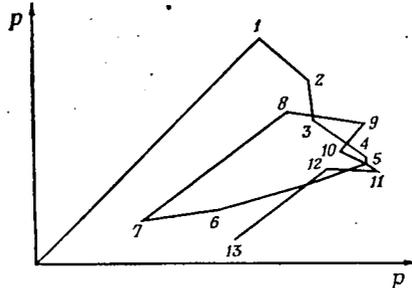
А. Производственная и превентивная деятельность на железных рудниках. Исследуя трудовые процессы на железных рудниках, Дефуа [49, 50] провел различие между производственной и превентивной деятельностью. К первой категории относятся все виды работ, направленные на увеличение количества добываемой руды, а ко второй — на обеспечение безопасности (например, удаление кусков породы с кровли и из забоя). В течение нескольких рабочих дней в забоях различной степени трудности регистрировалось время, затрачиваемое каждым рабочим на оба вида работ. На фиг. 49 дана схема модели деятельности бригады, а на фиг. 50 приведен ее конкретный пример. Кривые показывают изменение в соотношении времен, затрачиваемых на производственную (p) и превентивную (P) работу в течение одной восьмичасовой смены, с перерывом на завтрак (вторая половина спирали). Как видно из рисунков, в период освоения работы предпочтение отдается превентивным работам, далее соотношение меняется на обратное, а затем предпочтение опять отдается превентивным работам и т. д.

Построение подобных моделей — эффективный способ для сравнения работ, производимых на различных участках, с той целью, чтобы в случае необходимости принять меры к усилению производственных или превентивных работ. Мы не можем здесь детально заняться анализом Дефуа. Однако отметим, что он позволяет также выяснить поведение отдельных членов бригады и распределение видов деятельности между ними.

Используя эту модель или модели подобного типа, можно ввести также вознаграждение как фактор, иногда стимулирующий (в зависимости от обстоятельств) либо производственную работу за счет превентивной, либо наоборот. Кроме того, Фаверж показал, что различие между производственной и превентивной деятельностью сохраняет свое значение для очень многих операций промышленного типа.



Ф и г. 49. Модель регулирования (фазовая диаграмма) бригадой на железном руднике соотношения между производственной (p) и превентивной (P) деятельностью.



Ф и г. 50. Пример фазовой диаграммы регулирования соотношения между производственной (p) и превентивной (P) деятельностью на железном руднике.

Цифрами обозначены последовательные получасовые промежутки времени.

Б. Стратегии при диспетчерском контроле прокатного стана. Делало (см. [50]) четко анализирует на различных уровнях функции регулирования на современном прокатном стане. Здесь мы упомянем только частное исследование деятельности группы диспетчерского контроля — важного промежуточного регулятора в общем процессе производства. Эта группа определяет серии заготовок для прокатки в соответствии с ежедневной и еженедельной программами. В результате проведенного автором анализа было выявлено два возможных типа стратегий регулирования. Первый тип представлен группами, которые «мыслят категориями плана», второй — группами, которые «мыслят категориями производства». «Мыс-

лить категориями плана» — значит «сосредоточить свое внимание и свои усилия на выполнении срочных заказов и как можно большего числа заказов», что в свою очередь определяет характер трудовой деятельности группы. «Мыслить категориями производства» — значит «пытаться работать по программе, связанной с наименьшими трудностями для прокатчиков, с оптимальной расстановкой «постов», обеспечением наиболее совершенного регулирования; это значит также заботиться о механическом оборудовании прокатного стана для облегчения условий труда».

Анализ труда, проведенный с использованием количественных данных, которых мы здесь не будем касаться, показал, что работа бригады диспетчерского контроля состоит в совмещении двух отчасти противоречивых требований, одно из которых касается непосредственно процесса производства, а другое (более общее) — задания системы в целом (производственного плана).

РЕЗЮМЕ

Распределение функций между человеком и машиной осуществляется чаще всего на основе перечней функций. Этот метод имеет свои достоинства и свои недостатки. Основной недостаток его заключается в том, что он не учитывает специфических особенностей системы «человек и машина», которые требуют скорее расчетов, позволяющих оптимизировать ее работу, чем выбора, основанного на абсолютных суждениях. Предложено несколько приемов более гибких методов распределения.

Наиболее интересные примеры распределения функций возникают при совмещении человека и вычислительной машины; они заставляют эргономику заняться еще очень мало изученным «искусственным интеллектом».

В автоматизированных отраслях промышленности, где периодические процессы заменены непрерывными и где сигналы носят случайный характер, возникает проблема укомплектования операторских пунктов. В этих случаях необходимо найти оптимальное соотношение между избыточностью обслуживающего персонала и недостаточ-

ной безопасностью работы. Описан аналитический метод решения этой проблемы, позволяющий определить «среднюю» рабочую нагрузку для каждого рабочего места. Этот метод позволяет также избежать «коллизий» сигналов. Описаны и некоторые методы, использующие моделирование на ЭВМ (метод Зигеля и Вольфа).

Составление для операций наблюдения инструкций по методу типа «органиграмм» позволяет хорошо разграничить рабочие места. Этот метод может быть использован также и для подготовки операторов.

Изучение надежности систем «человек и машина» связано с трудностями изучения надежности человека, которая не является стабильной, а меняется в зависимости от характера самой системы. Поэтому наиболее верные методы оценивают надежность оператора не априори, а конкретно для каждого данного случая.

Фаверж с сотрудниками вводят при исследовании процессов регулирования в системах «человек и машина» понятия организма, деятельности, адаптации, самоорганизации и т. п. Такое понимание эргономики открывает путь к изучению систем «человек — человек», т. е. к области социальной психологии. Приведены примеры, касающиеся производственной и превентивной деятельности на железных рудниках, а также стратегий осуществления диспетчерского контроля прокатного стана.

Различные применения эргономики

Анализ систем «человек и машина» не является самоцелью: его всегда предпринимают для улучшения характеристик этих систем. Поэтому при любом эргономическом вмешательстве необходимо определять и вычислять критерии, позволяющие судить об эффективности этого вмешательства, т. е. о соотношении значения, которое имеет усовершенствование, и его стоимости (разд. 3.2).

Предварительно необходимо, по-видимому, сказать несколько слов об основных *областях* применения эргономики. В самом деле, работа специалиста по эргономике не заканчивается на том, что он установил, какие усовершенствования должны быть внесены в СЧМ. Нужно еще уточнить, на что они должны быть направлены и каким образом они должны быть осуществлены. Нетрудно понять, какое значение имеет определение области применения, так как именно она обуславливает те конкретные результаты, по которым будут судить о работе специалиста по эргономике.

Мы считаем, что существуют две основные области применения эргономики: *приспособление машины к чело-*

веку и приспособление человека к машине. Эти области, естественно, не исключают одна другую, однако реальные условия, в которых приходится работать специалисту, приводят к тому, что в большинстве случаев одна из этих двух областей преобладает над другой.

1. ПРИСПОСОБЛЕНИЕ МАШИНЫ К ЧЕЛОВЕКУ

Исторически первая область применения эргономики была названа приспособлением машины к человеку. Именно к этой области до настоящего времени относится большинство эргономических исследований. Эти исследования направлены на облегчение и улучшение условий труда человека через оборудование рабочего места или СЧМ в целом. Человек-оператор рассматривается как зависимая переменная, и специалист по эргономике не ставит себе задачей непосредственное его изменение.

В работе [51], из которой мы позаимствовали название настоящего раздела, перечислены основные направления исследований, относящихся к данной области, которые к моменту появления этой работы были классическими: конструкция сигнальных устройств и конструкция органов управления. В гл. 3 мы уже говорили о том, что в настоящее время все чаще и чаще приходится сталкиваться с проблемами интерпретации сигналов, тогда как проблемы, связанные с сигнальными устройствами, отходят на задний план. Кроме того, сейчас специалисты по эргономике, особенно под влиянием работ Фавержа, стали интересоваться меньше рабочим местом и больше сложными системами «человек и машина», аналогичными организму. В этом смысле эргономика смыкается с другими дисциплинами, которые до сих пор развивались самостоятельно, такими, как организация труда, промышленная социология, а также системотехника, занимающаяся изучением информационных систем, включающих электронно-вычислительные машины.

В технической литературе примеров приспособления машины к человеку можно встретить весьма большое количество. Чтобы получить представление об этом, достаточно перелистать оглавления таких журналов, как «*Ergonomics*» или «*Human Factors*». При этом можно заме-

тить, что распределение исследований по областям применения эргономики не случайно. Большинство этих исследований падает на армию, особенно на авиацию и флот. Значительное количество исследований посвящено также оборудованию всякого рода постов пилотирования, радиолокационного или гидролокационного контроля и т. п. В США проведены довольно эффективные эргономические исследования в области оборудования кабин космических кораблей, а в Европе — в области металлургии (особенно доменные печи и прокатные станы). Можно отметить также посты по контролю качества выпускаемой продукции и оборудование щитов управления в автоматизированных отраслях промышленности. Сюда же можно отнести молодую область «представления» входных и выходных данных вычислительных машин.

Следует упомянуть еще одну область, которая имеет отношение как к проблеме приспособления человека к машине, так и к проблеме приспособления машины к человеку (job aids). Мы могли бы перевести этот термин как «вспомогательные устройства» или «пособия». Под этим термином понимают приспособления, облегчающие работу оператора, но не являющиеся частью машины. К ним относятся руководства по ремонту и технической эксплуатации, схемы ликвидации аварий, разного рода описания, номограммы, чертежи и графики, позволяющие оператору выполнять ту или иную операцию и не требующие слишком обстоятельного обучения. Все это, бесспорно, также составляет область применения эргономики, особенно при эргономическом изучении готового продукта труда [136].

2. ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА К МАШИНЕ

При приспособлении человека к машине (в противоположность приспособлению машины к человеку) человек-оператор рассматривается как «независимая переменная», на которую специалист по эргономике пытается воздействовать непосредственно. Следует различать два случая: отбор и обучение.

2.1. ОТБОР

В настоящее время существует почти единодушное мнение, что научно обоснованный отбор кадров является задачей неосуществимой и практически безнадежной. С научной точки зрения эта задача является неосуществимой потому, что никакие точно определенные и стабильные «способности» человека не могут быть ни выявлены в процессе работы, ни измерены [68]. Практически же она безнадежна потому, что при любой сделанной до сих пор попытке выяснить валидность той или иной методики отбора для конкретных промышленных профессий приходилось констатировать, что полученные коэффициенты слишком незначительны для того, чтобы можно было сделать вывод об успешности методики.

Тем не менее отбор кадров при помощи тестов или каких-либо других систематических испытаний полезен, когда речь идет о распределении группы людей по различным уровням. Такие испытания особенно необходимы в тех случаях, когда предусматриваемая подготовка кадров предполагает наличие у них определенного уровня знаний и общей культуры.

2.2. ОБУЧЕНИЕ

Европейские специалисты по эргономике недооценивают значение обучения. Некоторые из них даже считают, что не их дело заниматься вопросами обучения. Однако мы полагаем, что приспособление человека к его трудовой деятельности является по крайней мере такой же обширной и перспективной областью применения эргономики, как и классическая инженерная психология. Кроме того, эта область до сих пор остается неразработанной, поскольку организация подготовки на промышленных предприятиях и в административных учреждениях редко выходит за пределы чистого эмпиризма.

Анализ труда, с которого начинается любое эргономическое исследование, будет различным в зависимости от того, что ожидается в итоге этого исследования: воздействие на человека или воздействие на машину. В первом случае с самого начала исследователь будет стараться выявить трудности, которые могут возникнуть при обработке информации [55].

А. *Обучение на рабочем месте.* В работе «Обучение и скорость» [86] Лепла дает обзор проблем, возникающих в связи с требуемой скоростью выполнения различных операций. С этой целью он рассматривает ряд экспериментальных исследований, направленных на улучшение сигнализации (организация сигналов, изменение системы сигнализации), ответных реакций (соответствие сигнальных структур и структур ответных реакций), программ действия и времени их выполнения. Он делает вывод о важности предварительного определения методов работы, а также (в частных случаях) о необходимости тренировки в скорости «через скорость».

Проблемы *переноса*, встающие при обучении на тренажерах, были рассмотрены в гл. 5 (фиг. 44). В этой области можно сослаться на работу Флейшмана (1965), показавшего, что при обучении сложной операции слежения с компенсацией освоение отдельных аспектов ее позволяет лучше предвидеть результаты обучения в целом. Однако данные, полученные по этому вопросу разными учеными, неоднородны. Например, Хаггард (1962), изучавший процесс обучения пилотированию космического корабля на тренажере, критикует обучение операциям по элементам.

В работе [44] приведены результаты, относящиеся к планированию процесса обучения (глобальное или поэлементное, сосредоточенное или рассредоточенное представление материала).

И наконец, отметим возможности, открываемые в настоящее время *программированным обучением*. В этой связи небезынтересно отметить, что специалисты по программированному обучению пришли к выводу, что для создания хорошей «программы» обучения требуется всесторонний анализ трудового процесса, подобный тому, с которого начинается эргономическое вмешательство [61].

Б. *Обучение в системах «человек и машина».* При обучении в СЧМ прежде всего встает вопрос об инструкциях, т. е. опять-таки о распределении операций между операторами, а затем и об объяснении этих операций (гл. 6). В порядке практической иллюстрации здесь мы приведем два примера из собственной практики и два из американской.

На заводе по производству антибиотиков качество продукции было недостаточно высоким, причем это нельзя было отнести за счет технологии производства. Мы предприняли исследование с тем, чтобы ясно определить, в чем состоит роль и рабочего и мастера на различных фазах производства — от пуска до останова. Для этого оказался необходимым анализ труда, который бы представил производственные процессы не такими, как их видят биохимики, а такими, какими они представляются операторам. В результате было достигнуто улучшение качества без каких-либо изменений материальной стороны производства.

На атомной электростанции потребовалось перевести всю техническую документацию, относящуюся к решающей фазе — пуску, в такие инструкции, касающиеся поведения персонала на отдельных этапах пуска, которые могли бы быть легко усвоены каждым ответственным за ту или иную подсистему. Особое внимание было обращено на потоки информации между подсистемами. Была поставлена дополнительная задача: организовать распоряжения начальника производства таким образом, чтобы он мог надежно контролировать работу различных операторов при любых неполадках. В данном случае эргономическое исследование было сосредоточено исключительно на приспособлении человека к машине.

Специалисты из «Рэнд корпорейшн» [18] организовали совместное бригадное обучение посредством очень реалистического моделирования системы наземной противовоздушной обороны. Основное внимание уделялось связи между различными членами экипажа, поскольку анализ труда показал важность именно этого вопроса.

Следует упомянуть также важное методологическое исследование, проведенное в смежной области и относящееся к составлению и осуществлению программ коллективного обучения для больших систем переработки информации (система обучения SAGE; см. Роуэлл и Стрейч (1964)].

В заключение мы приведем высказывание Фавержа [50] относительно регулирования деятельности человека в системах:

На практике, например при обучении, не всегда уделяется должное внимание y — превентивным действиям, относящимся к надежности системы. Причина этого кроется, без сомнения, в традициях, сложившихся в период ремесленничества. Операторов готовят для какого-то определенного рабочего места, а не для системы в целом, т. е. для выполнения x (производственных операций). И только профессиональный опыт мало-помалу делает их способными выполнять также и y . Существующие контакты с промышленностью, которая, как известно, в настоящее время находится в процессе ускоренной технической эволюции, показали нам, что в ней постоянно возникает в виде лейтмотива одна и та же проблема: опытные рабочие и мастера отстают, поскольку они не испытывают на себе этой эволюции. В действительности они остаются на должном уровне относительно функции x , но не относительно y . Предприятие в целом постепенно становится им чуждым в результате последовательных преобразований, к которым их не подготовили, поскольку казалось, что они к ним не имеют непосредственного отношения».

3. ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

3.1. КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Мы уже говорили о том, что любое эргономическое вмешательство заканчивается определением валидности системы (гл. 2, 5). Какого типа критерии при этом следует использовать?

Эргономика должна быть «продана» в буквальном или переносном смысле этого слова. Эргономика предназначена не для специалистов по эргономике, а для тех, кто использует системы «человек и машина»: для промышленников, администраторов, профсоюзных деятелей, военных. Специалисты в области эргономики имеют дело не с исследователями, а с техническими руководителями предприятий, инженерами-технологами и нормировщиками, ответственными за производство. Независимо от того, состоят они в штате предприятия или нет, специалисты по эргономике должны доказать эффективность своего вмешательства и так или иначе выразить ее в деньгах.

Вот почему мы считаем, что специалист по эргономике, находясь лицом к лицу с заказчиком, должен преодолеть естественную для него тенденцию предлагать *приемы исследования* и постараться гораздо больше предлагать *решения*. Как замечает Финен [52], он должен стать на точку зрения инженера, который занят внедрением в производство, а не только на точку зрения ученого.

Разумеется, данное утверждение совсем не означает, что он должен занять ненаучную позицию. Оно означает только то, что, как и инженер, специалист по эргономике должен включать в число зависимых переменных и *критерии эффективности*.

Что касается выбора критериев, отношение к нему может быть двояким.

Во-первых, *отрицательным*. К сожалению, такое отношение довольно широко распространено в Европе, возможно под влиянием гигиены труда. Оно состоит в том, что эргономике отводится «охранительная» роль: ее задачу видят в том, чтобы «облегчить участь рабочего», защитить его от утомления в результате непосильной работы¹, предохранить его от несчастных случаев, о которых мало думают предприниматели. Это гуманное отношение, при котором, однако, отказываются рассматривать эргономику как дисциплину, способствующую повышению производительности труда.

Мы считаем, напротив, что только *положительное* отношение к выбору критериев эффективности может служить источником прогресса. Речь идет не о политической а о технической позиции, которая сохраняет свое значение для любых систем производства, где бы они ни находились и с какой бы идеологией ни были связаны. Эффективность эргономики следует рассматривать с точки зрения всей системы производства, не ограничиваясь только частью этой системы и упуская, таким образом, самое существенное. В противном случае эргономика оказывается безоружной даже тогда, когда речь идет о борьбе с несчастными случаями и с переутомлением.

Следовательно, окончательные и эффективные критерии валидности следует искать на уровне наиболее об-

¹ Хотя, что касается утомления, Меррел [106] показал, насколько это двусмысленное и трудно применимое понятие.

ширной и в то же время совершенно конкретной системы «человек и машина». Часто такой системой является предприятие¹. В связи с этим критерии эффективности должны выражаться почти всегда через стоимость, потому что целями такой системы, как предприятие, в конце концов всегда являются экономические переменные². Каким бы неожиданным ни показалось данное утверждение, можно сказать, что конечная цель эргономики — снижение стоимости, хотя и не любой ценой. Во всех случаях речь идет о поиске компромисса между конечной экономической целью и ограничениями, имеющими в конечном счете тоже экономический характер³ [64].

Увеличить безопасность — не означает жертвовать всем ради нее. Безопасность, конечно, критерий, но не единственный и, кроме того, имеет свою цену.

3.2. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Уважая традиции, мы закончим настоящее введение в эргономику соображениями о возможном, по крайней мере желательном, ее развитии.

По отношению к эргономике рабочих мест можно считать, что интерес к исследованиям процессов обнаружения и различения сигналов будет постоянно падать так же, как и интерес к исследованию ответных реакций на сигналы. Зато должны значительно расшириться исследования процессов интерпретации сигнала, поскольку семиотика и семантика будут содействовать эргономическому анализу языков, кодов и смыслового содержания процесса труда.

Что же касается исследования систем «человек и машина», здесь почти все еще впереди. Эргономика соприкоснется с некоторыми аспектами социальной психологии и социологии⁴, поскольку от системы «человек и

¹ Исключение составляет военная эргономика.

² Использование в качестве критериев прибылей предприятия — совсем другой вопрос, которого мы здесь не касаемся.

³ По этому последнему вопросу см. серию работ различных авторов, опубликованных в «Revue française de recherche opérationnelle», № 16 (1960); № 19 (1961); № 23 (1962).

⁴ По этому вопросу см. сообщения Перцеля и др. (1965) относительно социологических аспектов проектирования контрольных приборов.

машина» легко перейти к системам «человек и человек». Это может привести к новым решениям проблемы организации, особенно проблемы структуры коммуникаций.

Развитие эргономических исследований связано с ростом автоматизации и вообще с теми видами работы, в которых преобладает «умственный» труд (в административной деятельности, в процессах принятия решений). Эргономика труда инженерно-технических работников еще только должна быть создана.

РЕЗЮМЕ

Основными областями применения эргономики являются приспособление машины к человеку и приспособление человека к машине.

Приспособление машины к человеку и в настоящее время продолжает занимать ведущее место. Вопросам приспособления человека к машине эргономика уделяет незаслуженно мало внимания. К этой области относятся отбор, который часто не оправдывает возлагаемых на него надежд, и обучение. Приведено несколько примеров эргономических исследований, относящихся к подготовке на рабочих местах и в системах «человек и машина».

Практика эргономики требует прежде всего определения критериев эффективности. Отношение к этой задаче может быть двояким. Во-первых, отрицательным, причем за критерии принимаются снижение степени утомления и уменьшение числа несчастных случаев. Во-вторых, положительным, когда предпочтение отдается экономическим критериям эффективности: снижению себестоимости, повышению производительности системы. Это отношение отнюдь не пренебрегает вопросами безопасности, поскольку последняя рассматривается как ограничение, также имеющее экономический характер.

Указываются возможные пути развития эргономики: исследования процессов интерпретации сигнала на рабочих местах и граничащие с социальной психологией и социологией исследования сложных систем «человек и машина».

ПРИЛОЖЕНИЕ

Библиография по эргономике

Настоящее приложение не претендует на исчерпывающую полноту. Однако рекомендуемая в нем литература способствует более подробному ознакомлению с большинством рассматриваемых нами проблем.

1. ДОКУМЕНТАЦИЯ

Ronco P. G., Devoe D. B., Saul E. V., Documentation of Human Factors Engineering Data; in Bennett E., Degan J., Spiegel J. (ed.), *Human Factors in Technology*, McGraw-Hill, N. Y., 1963. К моменту выхода в свет наиболее полная документация по эргономике.

Charanis A., *Engineering Psychology, Annual Review Psychology*, 14, 285 (1963). В одном из разделов приводятся библиографические источники, опубликованные к 1960 г.

McCormick E. J., *Human Factors Engineering*, McGraw-Hill, N. Y., 1964. В приложении D указана основная библиография.

СПРАВОЧНАЯ ЛИТЕРАТУРА

2.1. МОНОГРАФИИ И СТАТЬИ

2.1.1. Общие библиографии

Human Engineering Bibliography. Библиография, опубликованная Office of Naval Research. Пять публикаций: 1955—1956, ONR Rept. ACR 24, 1947; 1956—1957, ONR Rept. ACR 32, 1958; 1957—1958, ONR Rept. ACR 43, 1959; 1958—1959, ONR Rept. ACR 55, 1960; 1959—1960, ONR Rept. ACR 69, 1961. Данная библиография составлена Human Engineering Information and Analysis Service, Institut for Applied Experimental Psychology, Tufts University. Ее можно считать исчерпывающей (по крайней мере для работ на английском языке).

Morgan C. T. et al., *Human Engineering Guide to Equipment Design*, McGraw-Hill, N. Y., 1963. Имеется выборочный указатель литературы, содержащий около 500 названий.

Bennett E., Degan J., Spiegel J. (ed.), *Human Factors in Technology*, McGraw-Hill, N. Y., 1963. В приложении I дается

список рекомендуемых учебников, руководств и публикаций общего типа по вопросам инженерной психологии, составленный Ронко, Дэво и Солем. Содержит 202 названия. В конце каждой главы имеется библиография по рассматриваемым в ней вопросам. В приложении D дается общий библиографический указатель (45 названий).

2.1.2. Специальные библиографии

Morsh J. E., Job Analysis Bibliography, Technical Documentary Report PRL-TDR-62-2, March 1962. Обзор 1500 публикаций за период 1911—1961 гг. Многочисленные аннотации документов, опубликованных американскими государственными агентствами. Имеется предметный указатель.

Ronco P. G., Sawyers H. L., A Survey of Russian Literature related to Human Factors Engineering, *Human Factors*, 4, 3, 107 (1962). Обзор литературы и библиография (120 названий).

Razgan G., Growth, Scope and Direction of Current Soviet Psychology, *American Psychologist*, 19, 342 (1964). Дополняет предыдущую ссылку.

Charanis A., Engineering Psychology, *Annual Review of Psychology*, 14, 285 (1963). Критическое рассмотрение работ, опубликованных за период 1959—1962 гг. Библиография содержит 152 названия.

Jerison H. J., Pickett R. M., Vigilance: a Review and Reevaluation, *Human Factors*, 5, 211 (1963).

Leplat J., Travaux de surveillance et d'inspection: bibliographie commentée de quelques recherches expérimentales, *Bull. CERP*, 11, 155 (1962). Эта работа, дополненная предшествующей, позволяет ориентироваться во множестве весьма разнообразных исследований по проблеме бдительности.

Poulton E. C., Engineering Psychology, *Annual Review of Psychology*, 17, 177 (1966). Критический обзор избранных работ, опубликованных в период между 1960 и 1965 гг., в основном по психофизиологическим вопросам. Библиография содержит 123 названия.

2.2. ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

Ergonomics Abstracts. В настоящее время это английское издание заменяет несколько бюллетеней, которые до сих пор издавались отдельно. Таксономия, используемая для классификации резюме (без критического анализа), превращает это издание в удобный инструмент для исследователя. Иногда в этом издании помещаются также и критические обзоры работ.

Psychological Abstracts. Это издание, необходимое для каждого психолога, с 1966 г. выходит ежемесячно. Имеется раздел, посвященный «Военной психологии и психологии личности». Здесь следует об-

ратить внимание на рубрики «Профессиональный анализ и анализ труда» и «Инженерная психология».

U.S. Government Research and Development Reports. Официальное правительственное издание в США. Выходит раз в два месяца. Содержит аннотации и резюме всех проведенных и планируемых исследований, финансируемых американскими государственными агентствами. Имеется раздел «Поведенческие и социальные науки».

3. УЧЕБНИКИ И РУКОВОДСТВА

3.1. НА ФРАНЦУЗСКОМ ЯЗЫКЕ

Ombredane A., Faverge J.-M., *L'analyse du travail*, Presses Universitaires de France, Paris, 1955. Методологическая работа, оказавшая значительное влияние на развитие эргономики. Знакомство с ней необходимо.

Faverge J.-M., Leplat J., Guiguet B., *L'adaptation de la machine à l'homme*, Presses Universitaires de France, Paris, 1958. Обзор методов инженерной психологии по состоянию на 1958 г.

Scherrer J. et al., *Physiologie du travail*, Masson, Paris, 1967. Выдающееся исследование по некоторым аспектам медицинской эргономики.

Faverge J.-M. et al., *L'ergonomie des processus industriels*, Ed. de l'Institut de Sociologie, Université Libre de Bruxelles, 1966.

Faverge J.-M. et al., *L'organisation vivante. Comportements d'ajustement et d'évolution au sein des organisations*, Ed. de l'Institut de Sociologie, Université Libre de Bruxelles, 1970. В обеих работах систематизируются основные результаты исследования так называемой «Брюссельской школы».

Leplat J., *Attention et incertitude dans les travaux de surveillance et d'inspection*, Dunod, Paris, 1968. Отличное обобщение как с методической стороны, так и с точки зрения внедрения результатов исследований в практику.

3.2. НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

Woodson W. E. O., *Human Engineering Guide for Equipment Designers*, Univ. of California Press, Berkeley, 1954; русский перевод 2-го издания: У. Вудсон, Д. Коновер, *Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов*, изд-во «Мир», М., 1968.

Chapanis A., *Research Techniques in Human Engineering*, John Hopkins Press, Baltimore, 1966 (1-е изд. 1959). Превосходная книга по методологии, написанная одним из выдающихся американских специалистов.

Sinaiko H. W. (ed.), *Selected Papers on Human Factors in the Design and Use of Control Systems*, Dover, N. Y., 1961. Переиздание десяти исторически и методологически важных работ Чапаниса, Бирмингема и Тэйлора, Макворта, Фитса и Джонса.

Gagné R. M. (ed.), *Psychological Principles in System Development*, Holt Rinehart and Winston, N. Y., 1962. Коллективный труд, написанный по единому замыслу. Это первая значительная работа, посвященная рассмотрению систем «человек и машина».

Baker C. H., *Man and Radar Displays*, Macmillan, N. Y., 1962. Очень полный обзор эргономических исследований, относящихся к работе оператора на радарных установках (к операциям слежения).

Buckner D. N., McGrath J. J., *Vigilance: A Symposium*, McGraw-Hill, N. Y., 1963. Тексты выступлений ведущих английских и американских специалистов по проблеме бдительности, а также резюме дискуссий.

Morgan C. T. et al., *Human Engineering Guide to Equipment Design*, McGraw-Hill, N. Y., 1963. Объемный «рецептурный справочник» с многочисленными таблицами и рисунками. Работа предназначена для военных инженеров. Методологические вопросы в ней не ставятся.

Bennett E., Degan J., Spiegel J., *Human Factors in Technology*, McGraw-Hill, N. Y., 1963. Коллективная работа, состоящая из 10 почти не связанных между собой глав, написанных 50 авторами. Весьма обширная, хотя и неравноценная, картина американских эргономических исследований.

McGormick E. J., *Human Factors Engineering*, McGraw-Hill, N. Y., 1970. 3-е значительно переработанное издание книги, вышедшей в 1957 г. под заглавием «Инженерная психология». Популярный учебник.

Haddon W., Suchman E. A., Klein D., *Accident Research: Methods and Approaches*, Harper and Row, N. Y., 1964. Значительная часть книги посвящена исследованию несчастных случаев и происшествий.

Murrell K. F. H., *Ergonomics. Man in His Working Environment*, Chapman and Hill, London, 1965. Учебник, составленный исключительно на основании английских источников, что отличает его от ранее указанных учебников. В приведенной библиографии редко упоминаются работы, вышедшие после 1960 г.

Charanis A., *Man-Machine Engineering*, Wadsworth, Belmont, 1965. Краткое и ясное вступление в эргономику, предназначенное для неспециалистов.

Siegel A. I., Wolf J. J., *Man-Machine Simulation — Models: Psychosocial and Performance Interaction*, Wiley, N. Y., 1969. Превосходная работа, открывающая пути внедрению эргономики в практику.

Holdings D. H. (ed.), *Experimental Psychology in Industry*, Penguin Books, 1969. Очень полезный сборник выдающихся работ английских и американских авторов.

De Green B. (ed.), *Systems Psychology*, MacGraw-Hill, N. Y., 1970. Напоминает коллективный труд Ганье, вышедший восемью годами ранее. Помогает подвести итог исследованиям.

Singleton W. T., Easterby R. S., Whitfield D. (ed.), *The Human Operator in Complex Systems*, London, 1971, 2-е изд. Taylor and Francis Ltd., Содержит изложение нескольких случаев внедрения результатов исследования в практику.

Singleton W. T., Fox J. G., Whitfield D. (ed.), *Measurement of Man at Work*, Taylor and Francis Ltd., London, 1971. Излагаются основные материалы конференции по проблеме критериев, проведенной американскими и английскими специалистами по эргономике в Амстердаме в 1969 г.

Meister D., *Human Factors, Theory and Practice*, Wiley, N. Y., 1971. Один из лучших учебников.

3.3. В СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ СТРАНАХ

Ломов Б. Ф., *Человек и техника (очерки по инженерной психологии)*, изд-во ЛГУ, 1963. Общее введение в эргономику.

Система «человек и автомат», сб. под ред. Д. А. Ошаннина и др. Состоит из четырех частей: Проблемы и задачи исследования сложных систем управления. Методы исследования систем «человек и автомат». Закономерности восприятия и переработки информации человеком-оператором. Исследование функциональных возможностей человека-оператора.

Психология и техника, сб. под ред. Д. А. Ошаннина, Москва, 1965. Сборник исследований по прикладной экспериментальной психологии.

Инженерная психология, сб. под ред. А. Н. Леонтьева, В. П. Зинченко, Д. Ю. Панова, изд-во МГУ, 1964.

Проблемы инженерной психологии, сб. под ред. Б. Ф. Ломова, вып. I—VII, 1964—1972.

Эргономика: принципы и рекомендации, сб. под ред. В. П. Зинченко, вып. I—III, изд-во ВНИИТЭ, М., 1970—1972.

Okon J., Paluszkiwicz L., *Psychologia inzynieryjania*, Warszawa, 1963.

Ergonomia, Zagadnienia przystosowania pracy do człowieka, Książka i wiedza, Warszawa, 1968; русский перевод: Эргономика, Проблемы приспособления условий труда к человеку, изд-во «Мир», 1971.

Matoušek O., Ružička J., *Psychologie Práce*, Praha, 1965.

Klix J., Siebenbrodt, Timpe K. P., *Ingenieurpsychologie und Volkswirtschaft*, Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1966.

Синтез и исследование на системата «человек — машина», София, 1971.

4. ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

4.1. НА ФРАНЦУЗСКОМ ЯЗЫКЕ

Le Travail humain. Выходит ежеквартально. Постоянно публикуются эргономические исследования, часто физиологического характера, а также отчеты «Общества эргономистов».

Bulletin du CERP. Выходит ежеквартально. Публикуются главным образом эргономические исследования, чаще всего психологического характера.

Revue roumaine des Sciences Sociales. Série de psychologie. Выходит дважды в год. Систематически публикуются эргономические исследования; при этом используются советские и американские источники.

4.2. НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

Ergonomics. Выходит раз в два месяца. Официальное издание Ergonomics Research Society, Nederlandse Vereniging voor Ergonomie, International Ergonomics Association. Публикуются отчеты о конгрессах этой ассоциации. Издается «Ergonomics Abstracts» (см. 2.2). Выпущен специальный номер, посвященный Международному конгрессу в Дортмунде (1964 г.), изд-во Taylor and Francis, Ltd., London.

Human Factors. Выходит ежемесячно. Орган Human Factors Society. Издание предназначено для специалистов. Выпускаются специальные номера (о бдительности — в апреле 1965 г., о логических структурах — в августе 1965 г., о художественном конструировании — в августе 1966 г.).

Applied Ergonomics. Выходит ежеквартально. Рассчитано на инженеров и на практических работников в области эргономики. Публикуется большое число статей о внедрении результатов исследований в практику, изд-во Taylor and Francis Ltd., London.

Ergonomics Abstracts. Выходит ежеквартально. Ценное пособие для практической работы, изд-во Taylor and Francis Ltd., London.

Japanese Journal of Ergonomics. Резюме на английском языке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adams J. A., Human Tracking Behavior, *Psychol. Bull.*, **58**, 55 (1961).
2. Altman J. W., Improvements needed in a Central Store of Human Performance Data, *Human Factors*, **6**, 681 (1964).
3. Attneave F., Applications of Information Theory to Psychology, Holt, N. Y., 1959.
4. Bainbridge E. A., Human Factors in the Design of Consoles, London, Air Ministry, Flying Personnel Research Committee, FPRC/Meno. 179, 1962.
5. Bainbridge E. A., Beishon R. J., The Place of Check Lists in Ergonomic Job Analysis, Proceedings of Second International Congress on Ergonomics, Dortmund, 1964, спец. номер «Ergonomics».
6. Baker C. H., Man and Radar Displays, Macmillan, N. Y., 1962.
7. Baker J. D., Goldstein I., Batch vs. sequential Displays: Effects on Human Problem Solving, *Human Factors*, **8**, 3, 225 (1966).
8. Barrière A., Aménagement ergonomique d'une timonerie de pousseur rhénan, Centre d'Etudes de Physiologie appliquée au travail de Strasbourg, 1965.
9. Barrière A., Cubaynes J.-P., Aménagement ergonomique du poste de pilotage de pousseur rhénan, *Le Travail humain*, **29**, 117 (1966).
10. Barthes R., Eléments de sémiologie, *Communications*, № 4, 91 (1964).
11. Bazovsky I., Fiabilité. Théorie et pratique de la sûreté de fonctionnement, Dunod, Paris, 1966.
12. Beishon R. J., Problems of Task Description in Process Control, Conf. on the Human Operator in Complex Systems, 26—28 July 1966, Univ. of Aston in Birmingham.
13. Bennett E., Degan J., Spiegel J., (eds.), Human Factors in Technology, McGraw-Hill, N. Y., 1963.
14. Bercovitz A., Mesures anthropométriques nécessaires à l'adaptation du travail à l'homme. Inventaire et comparaison de données françaises récentes, Commissariat général du Plan d'Equipement et de la Productivité, Paris, 1963.
15. Bertelson P., La prédiction des performances complexes à partir des résultats de laboratoire: possibilités offertes par les méthodes de simulation, *Bull. CERP*, **11**, 303 (1962).
16. Bertin J., Sémiologie graphique, Les diagrammes, les réseaux, les cartes (1967).
17. Birmingham H. P., Taylor F. V., A Design Philosophy for Man-Machine Control Systems, *Proc. IRE*, **42**, 1748 (1954).

18. Boguslaw R., Porter E. H., Team Functions and Training, in Gagné R. M. et al., Psychological Principles in System Development, Holt Rinehart and Winston, N. Y., 1962.
19. Bowen H. M. et al., Optimum Symbols for Radar Displays, *Human Factors*, 2, 28 (1960).
20. Bresson F., Langage et communication, in Fraisse P., Piaget J., *Traité de psychologie expérimentale*, fasc. 8, chap. XXVI, Presses Universitaires de France, Paris, 1965.
21. Bresson F., Les décisions, in Fraisse P., Piaget J., *Traité de psychologie expérimentale*, fasc. 8, chap. XXIX, Presses Universitaires de France, Paris, 1965.
22. Buckner D. N., McGrath J. J., *Vigilance: a Symposium*, McGraw-Hill, N. Y., 1963.
23. Cameron C., Corkindale K. G., The Psychologist's Role in the Development of Man-Machine Systems, *Occup. Psychol.*, 35, 65 (1961).
24. Cavanagh P., Rodger A., Some Hidden Determinants of Inspectors' Judgments, *Occup. Psychol.*, 36, 152 (1962).
25. Chapanis A. et al., *L'automatisme: aspects psychologiques et sociaux*, Publications Universitaires, Louvain, 1960.
26. Chapanis A., Men, Machines, and Models, *Amer. Psychologist*, 16, 113 (1961).
27. Chapanis A., Engineering Psychology, *Annual Review of Psychology*, 14, 283 (1963).
28. Chapanis A., *Man-Machine Engineering*, Wadsworth, Belmont, 1965.
29. Chapanis A., On the Allocation of Functions between Men and Machines, *Occup. Psychol.*, 39, 1 (1965).
30. Chapanis A., «Words, Words, Words», *Human Factors*, 7, 1 (1965).
31. Chapanis A., Lockheed G. R., A Test of the Effectiveness of Sensor Lines showing Linkages between Displays and Controls, *Human Factors*, 7, 219 (1965).
32. Chocholle R., Les temps de réaction, in Fraisse P., Piaget J., *Traité de psychologie expérimentale*, fasc. 2, chap. VI, Presses Universitaires de France, Paris, 1963.
33. Cristian G., Zbaganu G., Contribution à l'étude expérimentale de l'activité intellectuelle des opérateurs au panneau de commande, *Revue roumaine des Sciences Sociales*, 8, 175 (1964).
34. Crossman E. R. F. W., Automation et performance humaine, Rapport présenté au II^e Congrès d'Ergonomie de langue française, Bruxelles, 12—13 juin 1964.
35. Crossman E. R. F. W., Information Processes in Human Skill, *British Medical Bulletin*, 20, № 1, 32 (1964).
36. Crossman E. R. F. W., Cooke J. E., Manual Control of Slow-Response Systems, Communication at Internal Congress of Human Factors in Electronics, IRE, 1962.
37. Davis R. H., Behan R. A., Evaluating System Performance in Simulated Environments, in Gagné R. M. et al., Psychological Principles in System Development, Holt Rinehart and Winston, N. Y., 1962.

38. Defoin Y., Laporta J., Etude des activités des équipes d'a-battage dans les mines de fer, *Travail humain*, 29, 127 (1966).
39. Easterby R. S., Perceptual Organization in Static Displays for Man-Machine Systems, Conf. on the Human Operator in Complex Systems, 26—28 July 1966, Univ. of Aston in Birmingham.
40. Edwards E., Information Transmission, Chapman and Hall, Londres, 1964.
41. Edwards W., Men and Computers, in Gagné R. M. et al., Psychological Principles in System Development, Holt Rinehart and Winston, N. Y., 1962.
42. Falmagne J.-C., Essai sur la construction d'une théorie stochastique pour les réactions de choix, Ecole des Sciences Psychologiques et Pédagogiques de l'Université libre, Bruxelles, 1965.
43. Fassina A., L'entretien: méthode de recherche des pannes et apprentissage, *Bull. CERP*, 11, 269 (1962).
44. Fassina A., La planification des actions d'apprentissage, *Bull. CERP*, 15, 1, 83 (1966).
45. Fassina A., Méthode pour l'étude de la présentation de schémas, C. R. du IV^e Congrès de la SELF, Dunod, 1967.
46. Faverge J.-M., Esquisse d'une théorie de l'accident, *Sociologie du Travail*, 6, 8 (1964).
47. Faverge J.-M., Méthodes statistiques en psychologie appliquée, t. III, Presses Universitaires de France, Paris, 1965.
48. Faverge J.-M., L'ergonomie des systèmes, *Bull. CERP*, 14, 19 (1965).
49. Faverge J.-M. et al., Ergonomie des processus industriels, Bruxelles, 1967.
50. Faverge J.-M., Une analyse fonctionnelle dualiste des activités des cellules d'un système, *Revue philosophique* (1967).
51. Faverge J.-M., Leplat J., Guiguet B., L'adaptation de la machine à l'homme, Presses Universitaires de France, Paris, 1958.
52. Finan J. L., The System Concept as a Principle of Methodological Decision, in Gagné R. M. et al., Psychological Principles in System Development, Holt Rinehart and Winston, N. Y., 1962.
53. Fitts P. M., Jones R. E., Analysis of Factors Contributing to 460 «Pilot-Error» Experiences in Operating Aircraft Controls, Memorandum Rep. TSEAA-694-12, Aero-Medical Laboratory, Dayton, July 1, 1947.
54. Fitts P. M., Jones R. E., Psychological Aspects of Instrument Display. I: Analysis of 270 «Pilot-Error» Experiences in Reading and Interpreting Aircraft Instruments, Memorandum Rep. TSEAA-694-12A, Aero-Medical Laboratory, Dayton, October 1, 1947.
55. Folley J. D., Development of an Improved Method of Task Analysis and Beginnings of a Theory of Training. NAVTRADEVCEAN, Tech. Rep., № 1218-1, 1964.
56. Fraisse P., Le temps de réaction verbale: I. Dénomination et lecture, *Année Psychol.*, 64, 1, 21 (1964).
57. Fraisse P., Relation entre le seuil de reconnaissance percep-

- tive et le temps de réaction verbale, *Psychologie française*, 9, 2, 77 (1964).
58. Fraisse P., Piaget J., *Traité de psychologie expérimentale*, fasc. I: Histoire et méthode, Presses Universitaires de France, Paris, 1963; русский перевод: Фресс, Пиаже, «Экспериментальная психология» под ред. действ. чл. Академии педагогических наук СССР А. Л. Леонтьева, вып. 1, «Прогресс», М., 1966.
 59. Francis R., La perception des formes et des objets, in Fraisse P., Piaget J., *Traité de psychologie expérimentale*, fasc. 6, chap. XXI, Presses Universitaires de France, Paris, 1963.
 60. Gagné R. M., Human Functions in Systems, in Gagné R. M. et al., *Psychological Principles in System Development*, Holt Rinehart and Winston, N. Y., 1962.
 61. Gagné R. M., The Analysis of Instructional Objectives for the Design of Instruction, in Glaser R. (ed.), *Teaching Machines and Programmed Learning. II: Data and Direction*, Department of Audiovisual Instruction, National Education Association of United States, 1965.
 62. Garner K. C., Evaluation of Human Operator Coupled Dynamic System, Conf. on the Human Operator in Complex Systems, 26—28 July 1966, Univ. of Aston in Birmingham.
 63. Glaser R., Klaus D. J., Proficiency Measurement: Assessing Human Performance, in Gagné R. M. et al., *Psychological Principles in System Development*, Holt Rinehart and Winston, N. Y., 1962.
 64. Goode H. H., Machol R. E., *Méthodes d'étude des systèmes techniques complexes*, Dunod, Paris, 1963.
 65. Haythorn W. W., System Simulation as a Technique in Systems Research, in Bennett E., Degan J., Spiegel J. (eds.), *Human Factors in Technology*, McGraw-Hill, N. Y., 1963.
 66. Hemphill J. K., McConville C. B., The Effect of «Human» vs. «Machine» Set on Group Problem-Solving Procedures, *Journal of Social Psychology*, 67, 45 (1965).
 67. Hitt W. D., An Evaluation of Five Different Abstract Coding Methods—Experiment IV, *Human Factors*, 3, 120 (1961).
 68. Horst P., The Logic of Personnel Selection and Classification, in Gagné R. M. et al., *Psychological Principles in System Development*, Holt Rinehart and Winston, N. Y., 1962.
 69. Jerison H. J., Pickett R. M., Vigilance: a Review and Re-evaluation, *Human Factors*, 5, 211 (1963).
 70. Jordan N., Allocation of Functions between Man and Machines in Automated Systems, *J. Appl. Psychol.*, 47, 161 (1963).
 71. Kalsbeek J. W. H., Mesure objective de la surcharge mentale. Nouvelles applications de la méthode des doubles tâches, *Travail humain*, 28, 121 (1965).
 72. Kaufmann R. A., Kaufmann M. I., Predicting Human Factors Errors, *Eng. and Ind. Psychol.*, 2, 47 (1960).
 73. Kennedy J. L., Psychology and System Development, in Gagné R. M. et al., *Psychological Principles in System Development*, Holt Rinehart and Winston, N. Y., 1962.
 74. Kidd J. S., Human Tasks and Equipment Design, in Ga-

- gné R. M. et al., Psychological Principles in System Development, Holt Rinehart and Winston, N. Y., 1962.
75. Klemmer E. T., Lockhead G. R., Productivity and Errors in two Keying Tasks: a Field Study, *J. Appl. Psychol.*, **46**, 401 (1962).
 76. Kraft J. A., The 1961 Picture of Human Factors Research in Business and Industry in the United States of America, *Ergonomics*, **5**, 293 (1962).
 77. Kurke M. I., Operational Sequence Diagrams in System Design, *Human Factors*, **3**, 66 (1961).
 78. Langer D., Informationstheorie und Psychologie, Hogrefe, Göttingen, 1962.
 79. Lansdell H., The Effect of Form on the Legibility of Numbers, *Canadian Journal of Psychology*, **8**, 77 (1954).
 80. Леонтьев К. и др., О некоторых задачах исследования системы «человек и автомат», *Вопросы психологии*, № 1, 13 (1961).
 81. Leplat J., Quelques données pour servir à l'aménagement des travaux de surveillance, *Bull. CERP*, **7**, 265 (1958).
 82. Leplat J., Psychologie expérimentale et étude des accidents, *Bull. CERP*, **10**, 473 (1961).
 83. Leplat J., Travaux de surveillance et d'inspection: bibliographie commentée de quelques recherches expérimentales, *Bull. CERP*, **11**, 155 (1962).
 84. Leplat J., Les liaisons sensori-motrices, in Fraisse P., Piaget J., *Traité de psychologie expérimentale*, fasc. 2, chap. VII, Presses Universitaires de France, Paris, 1963.
 85. Leplat J., Codage et couplages des systèmes de signalisation et de commandes, CERP, Paris, 1965.
 86. Leplat J., Formation et vitesse, CERP, Paris, 1965.
 87. Leplat J., L'organisation temporelle de la transmission de l'information, CERP, Paris, 1965.
 88. Leplat J., Quelques aspects psychologiques des travaux d'inspection, CERP, Paris, 1965.
 89. Leplat J., Rapport interne sur la sécurité dans la sidérurgie, CECA, 1965 (édition provisoire).
 90. Leplat J., Bisseret A., Analyse des processus de traitement de l'information chez le contrôleur de la navigation aérienne, *Bull. CERP*, **14**, 51 (1965).
 91. Leplat J., Browaey R., Analyse et mesure de la charge de travail du contrôleur de trafic aérien, *Bull. CERP*, **14**, 69 (1965).
 92. Loveless N. E., Direction of Motion Stereotypes: a Review, *Ergonomics*, **5**, 357 (1962).
 93. Mackworth N. H., Researches on the Measurement of Human Performance, Medical Research Council Special Rep., Series 268, H. M. Stationery Office, London, 1950.
 94. McCormick E. J., *Human Factors Engineering*, McGraw-Hill, N. Y., 1964.
 95. McFarland R. A., The Role of Human Engineering in Highway Safety, in Bennett E., Degan J., Spiegel J. (eds.), *Human Factors in Technology*, McGraw-Hill, N. Y., 1963.

96. McKenzie R. M., On the Accuracy of Inspectors, *Ergonomics*, 1, 258 (1958).
97. Meister D., Methods of Predicting Human Reliability in Man-Machine Systems, *Human Factors*, 6, 621 (1964).
98. Meister D., Rabideau G. F., Human Factors Evaluation in System Development, Wiley, N. Y., 1965; русский перевод: Мейстер Д., Рабидо Дж., Инженерно-психологическая оценка при разработке систем управления, изд-во «Сов. радио», 1970.
99. Miller G. A., The Magical Number Seven, plus or minus Two: some Limits on our Capacity for Processing Information, *Psychol. Review*, 63, 81 (1956).
100. Miller G. E. et al., Human Factors Aspects of Reliability, Final Report, Publication № U2296, Aeronautics, 1964.
101. Miller R. B., Psychological Considerations in the Design of Training Equipment, USAF, WADC, Techn. Rep., 54-563, 1954.
102. Montmollin G. de, L'interaction sociale dans les petits groupes, in Fraisse P., Piaget J., *Traité de psychologie expérimentale*, fasc. 9, chap. XXX, Presses Universitaires de France, Paris, 1965.
103. Montmollin M. de, *Nouvelles perspectives dans l'étude du travail*, Dunod, Paris, 1961.
104. Morgan C. T. et al., *Human Engineering Guide to Equipment Design*, McGraw-Hill, N. Y., 1963.
105. Murrell K. F. H., *Ergonomics. Man in his Working Environment*, Chapman and Hall, London, 1965.
106. Murrell K. F. H., Le concept de fatigue, une réalité ou une gêne? *Bull. CERP*, 14, 103 (1965).
107. Oatman L. C., Check-Reading Accuracy using an Extended-Pointer Dial Display, *J. Engng. Psychol.*, 3, 123 (1964).
108. Obermayer R. W., Simulation, Models, and Games: Sources of Measurement, *Human Factors*, 6, № 6, 607 (1964).
109. Ochanine D., Le système homme-automate, *Recherches internationales à la lumière du marxisme*, 5, № 29 (1962), consacré à La Cybernétique, p. 105.
110. Ombredane A., Faverge J.-M., *L'analyse du travail*, Presses Universitaires de France, Paris, 1965.
111. Opler A., On the Impedance Matching Problems of Systems that include Man and Computers, in Eckman D. P. (ed.), *Systems: Research and Design*, Wiley, N. Y., 1961.
112. Papaloizos A., Some Characteristics of Instrument Measuring Dials, *Ergonomics*, 4, 169 (1961).
113. Pickrel E. W., McDonald T. A., Quantification of Human Performance in Large, Complex Systems, *Human Factors*, 6, 647 (1964).
114. Pollock W. T., Gildner G. G., Study of Computer Manual Input Devices, Techn. Docum. Rep. № ESD-TDR-63-545, 1963.
115. Prieto L. J., *Messages et signaux*, Presses Universitaires de France, Paris, 1966.
116. Rabideau G. F., Field Measurement of Human Performance in Man-Machine Systems, *Human Factors*, 6, 663 (1964).
117. Reed L. R. et al., A Methodological Approach to the Analysis

- and Automation Handling of Task Information for Systems in the Conceptual Phase, Techn. Docum. Rep. № AMRL-TDR-63-78, 1963.
118. Rolfe J. M., An Appraisal of Digital Displays with Particular Reference to Altimeter Design, *Ergonomics*, 8, 425 (1965).
 119. SACS (SEMA-Analyse et Conception de Systèmes), Etude des «Entrée-Sortie» en traitement simultané et en temps réel. T. II: Les terminaux des systèmes permettant la liaison «homme-machine» dans les applications en temps réel, Rapport pour la DGRST, Contrat № 6500013, 1965.
 120. Сафарян С. Н., Первая ленинградская конференция по проблемам инженерной психологии, *Вопросы психологии*, № 1, 186 (1965).
 121. Shapero A., Bates C., A Method for Performing Human Engineering Analysis of Weapon Systems, Wright Air Development Center, Techn. Rep. 59-724, 1959.
 122. Siegel A. I., Wolf J. J., A Technique for Evaluating Man-Machine System Designs, *Human Factors*, 3, 18 (1961).
 123. Spencer J., Pointers for General Purpose Indicators, *Ergonomics*, 6, 35 (1963).
 124. Swain A. J., Some Problems in the Measurement of Human Performance in Man-Machine Systems, *Human Factors*, 6, 687 (1964).
 125. Tiffin J., *Industrial Psychology*, Prentice Hall, N. Y., 1947.
 126. Turker M. H., *Legibility of Print*, Iowa State University Press, Ames, 1963.
 127. Uhrbrock R. S., Music on the Job: its Influence on Worker Morale and Production, *Personnel Psychol.*, 14, 9 (1961).
 128. Vandenberg J. D., Improved Operating Procedures Manuals, Conf. on the Human Operator in Complex Systems, 26—28 July 1966, Univ. of Aston in Birmingham.
 129. Webster F. A., Bat-Type Signals and some Implications, in Bennett E., Degan J., Spiegel J. (eds.), *Human Factors in Technology*, McGraw-Hill, N. Y., 1963.
 130. Welford A. T., *Ergonomics of Automation*, Her Majesty's Stationery Office, London, 1960.
 131. Wiedman T. G., Ireland F. H., A New Look at Procedures Manuals, *Human Factors*, 7, 371 (1965).
 132. Wierwille W. W., A Diagrammatic Classification of Man-Machine System Displays, *Human Factors*, 6, 201 (1964).
 133. Wisner A., Rebillé R., L'utilisation des données anthropométriques dans la conception des postes de travail, *Travail humain*, 26, 193 (1963).
 134. Woodson W. E., *L'adaptation de la machine à l'homme*, 2^e éd., Les Editions d'Organisation, Paris, 1956.
 135. Wulfeck J. W., Zeitlin L. R., Human Capabilities and Limitations, in Gagné R. M. et al., *Psychological Principles in System Development*, Holt Rinehart and Winston, N. Y., 1962.
 136. Wulff J. J., Berry P. C., Aids to Job Performance, in Gagné R. M. et al., *Psychological Principles in System Development*, Holt Rinehart and Winston, N. Y., 1962.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Предисловие к русскому изданию</i>	5
<i>Предисловие</i>	9
Глава 1. Эргономика и системы „человек и машина“	15
1. Определения (15). 2. История и география (19). 3. Некоторые разграничения (24). 4. Границы эргономики (28). 5. Эргономика и психология (31). 6. План книги (32). Резюме (33).	
Глава 2. Эргономика рабочего места. Методы	34
1. Введение (34). 2. Анализ труда (40). 3. Эксперименты (66). Резюме (70).	
Глава 3. Эргономика рабочего места. Восприятие сигналов	72
1. Обнаружение сигнала (73). 2. Различение сигнала (95). 3. Интерпретация сигнала (108). Резюме (125).	
Глава 4. Эргономика рабочего места. Ответные реакции. Факторы окружающей среды	127
1. Изучение ответных реакций в эргономике (127). 2. Приспособление ответных реакций (130). 3. Факторы окружающей среды (145). Резюме (154).	
Глава 5. Эргономика систем. Методы	156
1. Системы „человек и машина“ (156). 2. Анализ систем „группа людей— группа машин“ (160). 3. Моделирование (188). 4. Критерии валидности СЧМ (196). Резюме (201).	
Глава 6. Эргономика систем. Усовершенствование систем „человек и машина“	203
1. Распределение функций между человеком и машинной (203). 2. Укомплектование операторских пунктов (212). 3. Составление инструкций (221). 4. Надежность системы „человек и машина“ (223). 5. Процессы регулирования в системах „человек и машина“ (228). Резюме (231).	
Глава 7. Различные применения эргономики	233
1. Приспособление машины к человеку (234). 2. Приспособление человека к машине (235). 3. Эргономическая практика (239). Резюме (242).	
Приложение. Библиография по эргономике	243
1. Документация (243). 2. Справочная литература (243). 3. Учебники и руководства (245). 4. Периодические издания (248).	
Литература	249