

ЭРГОНОМИКА



ЭРГОНОМИКА

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЭРГОНОМИКА

Под редакцией д-ра психол. наук, проф. *А. А. Крылова*
и д-ра психол. наук, проф. *Г. В. Суходольского*

*Допущено Министерством высшего и
среднего специального образования СССР
в качестве учебника для студентов высших
учебных заведений по специальности «Пси-
хология».*



ЛЕНИНГРАД
ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛЕНИНГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
1988

Авторы: канд. психол. наук *В. Д. Балин*, инженер-психолог *Ю. Т. Ковалев*, д-р психол. наук *А. А. Крылов*, канд. психол. наук *С. А. Маничев*, канд. техн. наук *П. И. Падерно*, канд. психол. наук *Л. М. Соловова*, д-р психол. наук *Г. В. Суходольский*, канд. психол. наук *А. И. Юрьев*

Рецензенты: кафедра психологии труда и инженерной психологии МГУ (зав. кафедрой — акад. *Е. А. Климов*), кафедра охраны труда и эргономики Ленингр. политехн. ин-та (зав. кафедрой — д-р медич. наук, проф. *В. И. Барабаш*).

*Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Ленинградского университета*

УДК 154.4

Эргономика: Учебник/Под ред. Крылова А. А., Суходольского Г. В. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. 1988. — 184 с.

ISBN 5-288-00015-8

Предлагаемый учебник отличается от уже существующих тем, что в нем внимание студентов акцентируется на психологических задачах конструктора-разработчика, специалиста по гигиене и физиологии труда. Впервые предложены способы преодоления трудных психических состояний человека, возникающих в процессе работы (утомление, напряженность и т. д.).

Для студентов психологических факультетов вузов. Может быть интересен специалистам в области эргономики и инженерной психологии, конструкторам, работникам служб НОТ.

Библиогр. 27 назв. Ил. 3. Схем 1. Табл. 14.

Э 0304000000
076(02)—88 15—88

ISBN 5-288-00015-8

© Издательство
Ленинградского
университета,
1988

ВВЕДЕНИЕ

Кафедра эргономики и инженерной психологии в Ленинградском университете была создана в 1966 г. К этому времени были подготовлены предпосылки для теоретического и практического развития эргономики на базе исследований, которые велись с 1959 г. в первой в СССР лаборатории индустриальной психологии при кафедре психологии. Эргономическое образование имеет в СССР, таким образом, 30-летний возраст. У его истоков стоят Б. Ф. Ломов, Б. Г. Ананьев, В. П. Зинченко, А. Н. Леонтьев и др.

Бурное развитие научно-технической революции, автоматизация производства подтвердили верность выбранного пути становления новой отрасли знания. В 1962 г. начинает активную деятельность отдел эргономики во Всесоюзном научно-исследовательском институте технической эстетики. С 1966 г. существует кафедра психологии труда и инженерной психологии в Московском университете. Теоретические и практические основы эргономики изложены в не потерявших до сих пор своей ценности монографиях Б. Ф. Ломова «Человек и техника» (1966), А. А. Крылова «Человек в автоматизированных системах управления» (1972), Г. М. Зараковского, Б. А. Королева, В. И. Медведева, П. Я. Шлаена «Введение в эргономику» (под редакцией В. П. Зинченко, 1974) и др.

За рубежом первое эргономическое исследовательское общество было организовано в Англии в 1949 г., а в 1961 г. была создана Международная эргономическая ассоциация, объединяющая ученых свыше 30 развитых капиталистических стран. Среди инициаторов создания общества — крупнейшие специалисты по инженерной психологии и психологии труда: У. Хик, О. Ендхольм, П. Фиттс и др. Итоги работы зарубежных эргономистов нашли отражение в изданных в СССР «Справочнике по инженерной психологии для инженеров и художников-кон-

структоров» У. Вудсона, Д. Конновера (перевод А. М. Пашутина, 1968), «Эргономических основах разработки сложных систем» Д. Мейстера (перевод Т. П. Бурмистровой и В. А. Цыпина, 1979). Подготовка специалистов по эргономике была начата в Англии с 1960 г., а с 1970 г. в США присваиваются степени бакалавра, магистра, доктора наук в области науки о «человеческих факторах», которая в Европе называется эргономикой.

В 1972 г. в Москве состоялась 2-я Международная конференция стран — членов СЭВ по вопросам эргономики, положившая начало тесному сотрудничеству специалистов по эргономике в рамках СЭВ. Одним из основных направлений, по которым осуществляется это научно-техническое сотрудничество, стала проблема «Разработка научных основ эргономических норм и требований».

О возрастающей актуальности эргономической экспертизы системы «человек — техника — среда» свидетельствует принятое в 1985 г. Государственным комитетом по науке и технике постановление «О дальнейшем развитии и широком использовании достижений эргономики в народном хозяйстве». В нем отмечается, что внедрение результатов эргономических исследований позволяет при относительно небольших затратах добиваться ощутимого социально-экономического эффекта, способствует созданию комфортных условий труда и быта, обеспечивает повышение производительности труда и улучшение качества промышленных изделий. На этом основании эргономическое обеспечение становится обязательным с 1985—1986 гг. на всех этапах опытно-конструкторских работ по новым и модифицируемым изделиям машиностроения, приборостроения и товарам культурно-бытового назначения. Одновременно Высшей аттестационной комиссией СССР было принято решение о присвоении ученых степеней кандидатов и докторов наук по эргономике.

Провозглашенный на апрельском (1985 г.) Пленуме ЦК КПСС, в «Материалах XXVII съезда КПСС» и последующих документах партии курс на ускорение социально-экономического развития страны и коренную перестройку во всех сферах человеческой деятельности ставит большие задачи перед специалистами по эргономике. Эргономисты должны оказывать существенное влияние на характер научно-технической революции в нашей стране и развитие труда в социалистическом обществе с учетом человеческого фактора, на перспективы сближения умственного и физического труда, превращение труда в первую жизненную потребность человека. А это требует подготовки высококвалифицированных специалистов.

В настоящем учебнике представлена обобщенная схема эргономики, приемлемая для системотехников, дизайнеров, врачей, психологов, физиологов, в равной мере ответствен-

ных за социальные последствия внедрения новой техники.

Советская эргономика исходит из гуманистических методологических предпосылок, и в этом заключается ее принципиальное отличие от эргономики, создаваемой в капиталистических странах. Развитие личности трудящегося — центральная проблема социалистического общества — является основой для проектировщиков производства, технологии, промышленного и бытового оборудования в нашей стране. Технические новшества, экономическая целесообразность не должны заслонять от создателей системы «человек — техника — среда» человека труда, обеспечения его безопасности, перспектив его развития, удовлетворения трудом.

Исторической предпосылкой советской эргономики является анализ психологических законов труда. Родоначальниками такого подхода были В. М. Бехтерев, В. Н. Мясищев и другие отечественные ученые. Их традиции были развиты в учении о психологизации трудовой деятельности человека, в ориентации на теоретическое знание организации психических процессов, свойств личности, динамики психических состояний работника.

С учетом этих моментов в данном учебнике и изложены основные положения отечественной и зарубежной эргономики.

Глава 1

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭРГОНОМИКИ

1.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭРГОНОМИКИ

Определение. Термин «эргономика» в переводе с греческого означает «закон работы». Войтех Ястшембовский, впервые предложивший его в 1857 г., имел в виду науку о труде, основанную на закономерностях науки о природе. Такой же смысл В. Н. Мясищев вкладывал в понятие «эргология», а В. М. Бехтерев — в содержание науки «эргонология». Авторы проектов этих новых даже для 20-х годов XX столетия научных дисциплин указывали на то, что трудовая деятельность не изучается в целом ни одной из существующих наук, не уместается в рамки ни одного из существующих предметов, несмотря на свою крайнюю важность.

В настоящее время ведущей в эргономике является идея координации работы всех специалистов, занимающихся вопросами труда. *Под эргономикой понимается область знания, комплексно изучающая трудовую деятельность человека в системах «человек — техника — среда» (СЧТС) с целью обеспечения ее эффективности, безопасности и комфорта.*

Аналогичную область знаний в США называют «человеческими факторами» (human factors).

В СССР человеческий фактор понимается как значительно более широкое явление, охватывающее многообразие качественных характеристик человека — труженика, гражданина, личности, — связанных с формированием и реализацией всего комплекса его физических и духовных свойств и проявлений в самых различных сферах деятельности. Основу такого понимания составляет положение о том, что человек в социалистическом обществе не только решающий фактор, но и цель, высший результат общественного производства. В советской эргономике под человеческим фактором понимается изучение и проектирование реакций человека на характер, содержание, орга-

низацию труда и быта в целях достижения общественно значимых результатов.

Научно-технические предпосылки. Предпосылками возникновения и развития эргономики послужили проблемы, связанные с внедрением и эксплуатацией новой техники и технологии на современном этапе научно-технической революции и оказавшиеся не разрешимыми средствами только технических и медицинских наук. Необходимо было согласовать рекомендации психологии, физиологии, гигиены труда, дизайна и объединить их в общую систему требований к содержанию и характеру труда в СЧТС. На основе теории и методологии такого объединения и возникла эргономика.

Первой, наиболее существенной проблемой является недостаточная эффективность СЧТС, которая часто оказывается ниже расчетной, ожидаемой. Во многих случаях человек-оператор не в состоянии полностью использовать весь потенциал СЧТС по множеству причин. К ним относятся: несогласованность параметров оборудования и возможностей человека работать в условиях дефицита времени и информации, мощного воздействия внешних факторов (шум, вибрация, излучения, микроклимат и пр.); недооценка заинтересованности человека в использовании новой техники, уровня его интеллектуального и нравственного развития и др. Незнание или игнорирование разработчиком и конструктором этих причин, образующих человеческий фактор, приводило к тому, что производительность новых СЧТС в 70-х—начале 80-х годов повышалась не более чем на 25—30 %. В результате возникло значительное отставание роста производительности труда от роста мощности применяемой техники. Так, когда на фосфоритных карьерах в Казахстане применялись 27-тонные самосвалы, производительность труда на одного работающего составляла 4327 куб. м в год. Повышение же грузоподъемности новых самосвалов до 40 т привело к снижению производительности труда на одного работающего до 2605 куб. м в год. В сельском хозяйстве наработка у трактора ДТ-54 составляла 9271 га пахоты, а у пришедшего ему на замену более мощного ДТ-75 она оказалась только 8076 га.

Границы применения машин, по К. Марксу, определяются тем, что труд, которого стоит их производство, должен быть меньше того труда, который замещается их производством.¹ Новая техника должна быть непременно эффективнее старой. Однако улучшенные технические параметры сами по себе еще не гарантируют повышения эффективности техники; они реализуются только в том случае, если человек, взаимодействующий с нею, хочет, умеет, может и успевает управлять ею.

Второй проблемой СЧТС является феномен роста травма-

¹ См.: Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 23. С. 404.

тизма людей, взаимодействующих с техническими системами на производстве, транспорте и в быту. Так, согласно статистическим данным, приводившимся на VI конгрессе эргономической ассоциации (Вашингтон, 1976), в 1946 г. в Англии и Уэльсе смертность от инфекционных заболеваний в два раза превышала смертность в результате различных несчастных случаев. В 1961 г. картина здесь резко изменилась: смертность вследствие несчастных случаев в три раза превысила смертность от инфекционных заболеваний. В США появление в 60—70-х годах новых поколений техники изменило привычные представления об их опасности для человека на производстве и полезности в быту. На производстве в США ежегодно погибает около 14 тыс. человек и получают увечья 2,3 млн. человек. На транспорте соответственно погибает приблизительно 45 тыс. человек и более 2 млн. остаются калеками. А во взаимодействии с современной сложной бытовой техникой ежегодно гибнет 27,5 тыс. человек и 4,2 млн. становятся инвалидами. В целом, если учесть все несчастные случаи в мире, связанные с использованием машин, оборудования, технических устройств, то число ежегодно страдающих от них составит более 10 млн. человек, причем около полумиллиона из них погибает.

Анализ причин травматизма показывает, что он часто обусловлен ошибочными действиями людей, связанными с недостатками в конструкции техники, средств отображения информации, органов управления машин и механизмов. Например, очень частая ошибка оператора — неправильная интерпретация показаний приборов — предопределяется плохой их читаемостью, подачей информации не в тот момент, когда она необходима, отсутствием сведений у оператора о том, включен ли прибор, подачей информации, требующей мысленного перевода в другие единицы, и пр. Причиной ошибки и аварии СЧТС может быть отсутствие четкой фиксации органа управления, неестественные направления движения педалей и ручек, их неправильное расположение, неудобная для захвата форма рукоятки и др. Многочисленность и вариативность причин аварий в СЧТС свидетельствуют о необходимости их специального изучения и разработки научно обоснованных методов их предотвращения.

Третья проблема трудовой деятельности человека в СЧТС связана с очень *высокой текучестью кадров*. В СССР текучесть кадров в промышленности и строительстве колеблется от 4 до 70% и в среднем равна 30%. Это означает, что какое-то время простаивают рабочие места, работник, подбирающий себе новое место, не участвует в общественном производстве, осуществляются дополнительные затраты на его переподготовку на новом месте работы и пр. По стране в целом это выливается в огромный экономический ущерб.

Главной причиной кадровой нестабильности является не-

удовлетворенность работника своим трудом, тем, как спроектирован технологический процесс, как организовано его исполнение. Удовлетворенность определяется мерой совпадения представлений работника о содержании, характере, организации его труда с тем, как труд осуществляется в действительности. В настоящее время эргономисты отмечают усиливающуюся тенденцию к отказу рабочих от тяжелой, опасной, грязной работы. Более половины работающих в СЧТС ориентировано на творческие моменты в труде. Исследования показывают, что малоквалифицированный, неинтересный, физически тяжелый труд не стимулирует развития личности работника, ограничивает его стремление к духовному росту и нередко сопряжен с асоциальными формами поведения.

Процесс превращения труда из средства удовлетворения потребностей в первейшую жизненную потребность связан с преодолением различий между людьми физического и людьми умственного труда, с утверждением социальной однородности труда. Это положение, выдвинутое В. И. Лениным в «Великом почине»,² развито в Программе КПСС, принятой XXVII съездом КПСС, которая указывает на необходимость добиваться все более органичного соединения «физического и умственного труда в производственной деятельности».³

Научно-техническая революция приблизила решение этой задачи. В одном из вариантов работы наладчика, например, наблюдениям за технологическим процессом отводится 58,4—61,8% рабочего времени, наладке, регулировке и смене инструмента — 22,9—26,1%, выборочному контролю качества — 0,9—1,3%, ремонту — 6,7—9,1%. Предполагалось, что это потребует от рабочего более глубоких знаний, навыков быстрого решения сложных задач. Но оказалось, что внедрение самой современной, в том числе роботизированной, техники не ведет автоматически к появлению и расширению творческих функций и нередко даже способствует их исчезновению. Так, эксплуатация станков с числовым программным управлением снижает требования к квалификации станочника, сводит его деятельность к полупассивному контролю за технологическим процессом. Персонал гибких производственных систем, роботизированных комплексов и других современных технологий отреагировал на новые СЧТС способом, который получил название «психологического барьера». В результате в одиннадцатой пятилетке практическое применение нашло только около половины изготовленных роботов.

Таким образом, действительность показала, что научно-техническая революция является лишь материальной предпосылкой решения проблем сближения физического и умственного труда, нуждающейся в подкреплении проектирования, кро-

² См.: Ленин В. И. Полн. собр. соч. Т. 39. С. 15.

³ Материалы XXVII съезда КПСС. М., 1986. С. 140.

ме технической части, и содержания, характера, организации труда, которые удовлетворили бы работников.

Четвертая проблема современных СЧТС связана с ростом числа нервно-психических заболеваний, вызванных так называемым «индустриальным стрессом». По мнению специалистов, в современных условиях увеличилось воздействие на центральную нервную систему на производстве, в быту, на отдыхе факторов, часто имеющих стрессогенный характер. По данным Всемирной организации здравоохранения, в 65 странах мира, где проживает более 3/4 населения Земного шара, на учете в психоневрологических учреждениях состоит примерно от 72 до 80 млн. психических больных, требующих обязательного стационарного лечения, а прямые денежные затраты, связанные с лечением этих больных, исчисляются суммой в 30 млрд. долл.

Значительная часть этих заболеваний обусловлена темпами и особенностями организации современного производства. Симпликация труда и конвейерный способ производства, рост «цены ошибки» работника, ситуации неопределенности, внезапности, новизны, заложенные в технологический процесс, являющиеся причинами индустриального стресса и его последствий — роста нервно-психических заболеваний.

Совершенно очевидно, что при проектировании, внедрении и эксплуатации систем «человек—техника—среда» должны учитываться реальные возможности человека, которому предстоит работать в системе. Эргономист должен отчетливо представлять размер допустимых физических, интеллектуальных, эмоциональных затрат, которых потребует работа с конкретной технической системой, и в соответствии с этим корректировать действия ее создателей: инженера-разработчика, конструктора, технолога.

1.2. ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ, ПРЕДМЕТ И МЕТОДЫ ЭРГОНОМИКИ

Цели. *Первой и главной целью эргономики является повышение эффективности СЧТС, под которой понимается способность СЧТС достигать поставленной цели в заданных условиях и с определенным качеством. Снижение эффективности СЧТС свидетельствует в первую очередь о том, что она не в полной мере выполняет свое назначение. В этом случае ее производительность и качество производимого продукта оказываются ниже расчетных, а материальные, энергетические и психические затраты на обеспечение ее функционирования — выше запланированных. Эффективность (Э) может быть представлена в виде отношения*

$$\text{Э} = (\text{ПК}/\text{З}) \cdot 100\%,$$

где П — производительность в единицах продукта СЧТС; К —

качество продукта; 3 — материальные, временные, энергетические, психические затраты.

Эффективность СЧТС невозможна без высокой работоспособности и надежности человека-оператора, которые строго определены в эргономике и за обеспечение которых несет ответственность эргономист. Работоспособность — это свойство человека-оператора, определяемое состоянием физиологических и психических функций и характеризующее его способность выполнять определенную деятельность с требуемым качеством и в течение требуемого интервала времени. Надежность — это свойство, характеризующее способность человека-оператора безотказно выполнять деятельность в течение определенного интервала времени при заданных условиях.

Эргономист должен поддерживать трудовые затраты человека-оператора при взаимодействии с технической системой на таком уровне, который позволял бы обеспечить оптимальные работоспособность и надежность оператора. В одних случаях эти трудовые затраты необходимо понижать за счет специального проектирования деятельности оператора, в других, наоборот, повышать их, чтобы поддержать готовность безошибочного и мгновенного реагирования на аварийные ситуации.

Например, использование ЭВМ и робототехники значительно увеличивает эффективность трудовой деятельности, но может и резко повысить психофизические затраты работника в случае пренебрежения эргономическим анализом и проектированием рабочего места оператора, параметров дисплея. Известно, что уже через 15 мин работы на видеотерминале у человека-оператора наблюдается расстройство цветового зрения, появляются признаки утомления глаз. Необходимо учитывать, что он делает от 12 до 33 тыс. движений головой и глазами в течение рабочей смены, считывая при этом от 8 до 18 тыс. знаков в час. Большие трудовые затраты оператора снижают через некоторое время качество и производительность его работы, т. е. эффективность всей системы. Целью эргономики является не только уменьшение трудовых затрат оператора, но и в первую очередь повышение производительности и качества его труда за счет оптимизации его деятельности, совершенствования средств отображения информации, органов управления. Повысить эффективность труда оператора видеотерминала можно путем изменения соотношения яркости экрана и окружающего пространства от 3:1 до 5:1, увеличения минимальных размеров знаков на экране до 3,1—4,2 мм, снижения силы удара по клавише до 25—150 г, уменьшения длины пробега клавиш до 1—4 мм и т. д.

Безопасность труда является второй целью эргономики. По советскому трудовому праву охрана труда гарантирована совокупностью правовых норм, устанавливающих систему мероприятий, непосредственно направленных на обеспечение здоро-

вых и безопасных условий труда. К системе техники безопасности относятся службы техники безопасности и производственной санитарии во всех отраслях народного хозяйства. Надзор и контроль за соблюдением правил по охране труда осуществляют специально уполномоченные государственные органы: Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госсаннадзор и др. Кроме них, эту работу ведут профсоюзы и состоящая в их ведении техническая инспекция труда, Советы народных депутатов, прокуратура. Служба надзора и контроля опирается на научно обоснованные, проверенные опытом технические требования, которые безусловно обеспечивают безопасность труда работников.

В последние годы распределение причин несчастных случаев в промышленности изменилось. Так, среди причин тяжелых несчастных случаев 22% приходится на нарушения технологического процесса самими работниками, 19% — на грубое нарушение правил техники безопасности пострадавшим, 16% — на плохую организацию рабочего места, 7% — на неисправности оборудования и 4,3% — на плохую обученность. Субъективные причины травматизма в промышленности (ошибки человека) начали доминировать над объективными (неисправности техники).

Деятельность человека-оператора стала столь сложна, что именно в ее организации и исполнении оказались сконцентрированными основные причины опасных ошибок, приводящих к травме. Во многих случаях действия человека-оператора являются опасными из-за невозможности их правильного и своевременного выполнения, из-за того что при проектировании технических устройств не учитывался человеческий фактор.

Деятельность человека в СЧТС является таким же предметом изучения и проектирования, как и ее техническая часть. Эргономист должен принимать во внимание: возможности психических процессов человека по приему, переработке информации и принятию правильного решения в конкретных условиях функционирования СЧТС; психические свойства и особенности оператора, проявляющиеся в склонности к более или менее рискованному поведению; его способность работать в состояниях утомления, эмоционального стресса, психической напряженности, монотонии и т. д.

Третьей целью эргономики является обеспечение условий для развития личности трудящегося в процессе труда. Основным путем ее достижения служит постепенное органическое соединение физического и умственного труда в производственной деятельности. Оно включает:

— последовательное повышение содержательности труда всех профилей, повышение его интеллектуальной насыщенности на основе достижений научно-технической революции, ускоре-

ние производственного и научно-технического потенциала страны;

— неуклонное повышение общеобразовательной и профессиональной подготовки всех тружеников социалистического общества при опережающем сегодняшние потребности народного хозяйства ее развитии;

— вовлечение всех трудящихся с учетом их знаний, интересов и склонностей в управление производством, общественными и государственными делами; создание оптимальных условий для сочетания профессионального труда с техническим творчеством в производственной и непроизводственной обстановке.

На достижение этой цели существенно влияет автоматизация производства — генеральная линия научно-технической революции. Чтобы избежать отрицательных социально-психологических и экономических последствий СЧТС, необходимо повышать объем интеллектуальных, творческих операций при работе на ЭВМ, станках с числовым программным управлением, в гибких производственных системах и т. п. в результате целенаправленной деятельности конструкторов и эргономистов. Последние должны исходить из того, что продуктом СЧТС являются не только детали и расчеты, но и сам человек-оператор, растущий и совершенствующийся в процессе труда. Целью СЧТС является не только производимая ею продукция, но и качества производящего ее человека.

При распределении функций между человеком и технической частью СЧТС ее создатели должны основываться на необходимости «задействовать» высшие психические функции оператора — мышление, память, внимание; его нравственные качества — ответственность, решительность, добросовестность, честность, мужество и др., которые появляются, сохраняются и развиваются только в случае систематического их применения как средств труда. Улучшение или ухудшение качества кадров в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте прямо зависит от уровня требований к интеллектуальной и психологической подготовке операторов СЧТС. Трудности внедрения роботизированных комплексов, автоматических систем управления не в последнюю очередь связаны с неприятием их обслуживающим персоналом, который параметрами оборудования и содержанием технологического процесса обрекается на выполнение вспомогательных операций, базирующихся на простейших психических реакциях. Человек во многих таких системах не может реализовать свои возможности, достоинства, не видит перспективы своего роста.

Истории известно немало примеров, когда обращение к человеческому фактору приводило к поразительному скачку эффективности труда в промышленности. Так, в 1935 г. шахтеры А. Стаханов, Н. Изотов, Ф. Артюхов перекрывали норму добычи угля в 15—20 раз. Фрезеровщик И. Гудов перевыполнял

норму в 14 раз. Кузнец А. Бусыгин изготавливал коленчатый вал за 30 с, тогда как в США на эту операцию требовалось 36 с, и т. д. Следовательно, ориентация эргономистов, проектировщиков СЧТС на человека-оператора, развитого в интеллектуальном, нравственном, волевом отношениях, является залогом формирования личности трудящегося.

Задачи. Рассмотренные выше цели эргономики определяют семь ее теоретических задач.

1. *Разработка теоретических основ проектирования деятельности человека-оператора с учетом специфики эксплуатации им технических систем и окружающей среды.* На этапе становления эргономики в ней преобладали аналитические исследования, оценивавшие те или иные отдельно взятые технические устройства (и их элементы) с точки зрения их соответствия также отдельно взятым психологическим характеристикам человека. Реальная деятельность человека-оператора в этих исследованиях редуцировалась к элементарным реакциям, поэтому накопленные данные имеют ограниченное значение. Позднее выяснилось, что на скорость обработки информации человеком влияют уровень его работоспособности, состояние, степень его тренированности, особенности мотивации и др. Это определило развитие «антропоцентрического подхода», т. е. подхода от человека к машине. Главным звеном при таком подходе становится проектирование деятельности человека-оператора. Проект деятельности выступает как основа решения всех других задач, связанных с разработкой системы «человек — техника — среда»: от общей задачи определения ее принципиальной схемы до конкретных частных задач — выбора типа органов управления, оформления панелей и шкал приборов и т. п. В результате не человек рассматривается как простое звено, включенное в техническую систему, а машина — как звено, включенное в деятельность человека, пользуясь которым оператор решает поставленные перед ним задачи.

2. *Исследование закономерностей взаимодействия человека с техническими системами и окружающей средой, определяющих качество его деятельности.* Единой теоретико-методологической концепцией инженерной психологии и эргономики является концепция человека-оператора, которая реализуется в виде изучения закономерностей осуществления всех нервно-психических процессов в системе мозга как информационных.

В настоящее время изучены механизмы включения всех частных информационных процессов в единую систему общего информационного процесса. Эмпирическим основанием «гипотезы включения», сформулированной А. А. Крыловым, послужили закономерности изменения времени, нужного для выполнения действий типа простой сенсомоторной реакции, в зависимости от временного интервала между сигналами. Примером эмпирической закономерности служит также «закон независи-

мости», согласно которому вероятность точного слежения за многомерным стимулом равна произведению вероятностей точного слежения за каждым из его параметров. Отсюда следует, что реакции на каждый из параметров не зависят друг от друга. Однако в ходе решения задачи и по мере тренировки наблюдаются все большие отклонения от этого закона и субъект начинает отвечать на многомерный стимул единым координированным движением.

Исследователями установлено более 70 эмпирических закономерностей восприятия и переработки информации, выражающихся в различного рода зависимостях, например зависимости получения и переработки информации человеком — от ее количества; зависимости критической частоты слияния мельканий — от яркости знака, его конфигурации и угловых размеров и др. Задача эргономистов на современном этапе состоит в систематизации этих закономерностей.

3. *Формулирование принципов создания СЧТС и алгоритмов деятельности в ней человека-оператора.* К числу общих принципов относятся следующие принципы:

- системной эргономичности, которая состоит в том, что эргономическое проектирование должно быть нацелено на достижение наивысших показателей эффективности СЧТС при одновременном соблюдении допустимых или оптимальных условий деятельности человека по социальным, психологическим, физиологическим и медико-гигиеническим критериям;

- адаптивной эргономичности, заключающейся в том, что по мере развития и совершенствования информационно-программно-технических средств СЧТС эргономические требования должны пересматриваться в направлении улучшения их от допустимых к оптимальным;

- научной эргономичности, состоящей в том, что вопросы эргономического проектирования должны решаться на основе объективных количественных оценок, получаемых на начальных стадиях эргономического проектирования путем расчетно-аналитических, модельных и экспертных оценок, проверяемых опытно-экспериментальным путем на последующих стадиях;

- информационной эргономичности СЧТС, требующей, чтобы информация об объекте, обслуживаемом СЧТС, не только была полной, достоверной, актуальной, т. е. соответствовала истинному состоянию объекта, но и представлялась в виде, удобном для принятия решения человеком;

- программно-интеллектуальной эргономичности, обеспечивающей устойчивую тенденцию разумного освобождения человека от рутинных функций, т. е. монотонных, утомительных, нетворческих операций, и создания условий для максимальной реализации творческого потенциала человека, усиленного интеллектуальными возможностями программного обеспечения,

что будет способствовать формированию и развитию личности оператора [8].

Эти общие принципы в совокупности представляют основу концепции эргономического проектирования.

Конкретные принципы непосредственно связаны с работой человека-оператора. К ним относятся:

- принцип соответствия функций, первое условие которого — сродство однопорядковых элементов — оказывается несостоятельным, так как человек и технические звенья являются разнорядковыми элементами; второе условие соответствия — общность свойств элементов и свойств системы — выполняется полностью, но только в том смысле, что и оператор, и технические устройства способны к осуществлению информационного процесса;

- принцип актуализации функций, позволяющий рассматривать организацию СЧТС как непрерывный процесс становления функций, в котором система приобретает все новые свойства и все больше свойств становится функциями системы. Этот принцип справедлив для периода, когда обучение и тренировка оператора еще не закончены;

- принцип сосредоточения функций, полностью проявляющийся в организации информационного процесса и в звене «человек — оператор», и в целом СЧТС. Этот принцип отражает иерархию процесса, зависимость осуществления функций более общего уровня от реализации функций менее общего уровня;

- принцип лабильности функций, отражающий возможность перехода живой системы на качественно новый уровень за счет изменения отношения устойчивости структуры к подвижности функций. Этот принцип связан с изменением взаимодействия элементов информационного процесса в период обучения и тренировки оператора вследствие нахождения им новых способов решения оперативных задач;

- принцип стабилизации функций, означающий, что все свойства информационной системы существуют в качестве функций, реализация которых упорядочена во времени и в пространстве;

- принцип компенсации функций, обуславливающий возможность передачи функций вышедших из строя технических устройств и элементов СЧТС, неспособных к самовосстановлению, человеку;

- принцип активизации информационных функций, означающий, что в СЧТС активизация информационных функций осуществляется за счет активного по своей природе поведения самого человека-оператора и за счет введения человеком определенных программ в информационный процесс технической подсистемы.

4. *Выдвижение и проверка гипотез о перспективах развития труда человека и связанных с ним технических систем,*

факторов внешней среды. Известно, что автоматизация меняет взаимоотношения человека и техники в процессе трудовой деятельности. Человек, непосредственно осуществлявший раньше технологический процесс, становится его регулировщиком, наладчиком, программистом. В связи с этим повышаются требования к квалификации и интеллектуальной подготовке кадров; увеличивается доля высококвалифицированных рабочих и специалистов, занятых обслуживанием автоматической техники и технологии; растет производительность труда. Высвобождающиеся трудовые ресурсы «перекачиваются» в другие сферы человеческой деятельности.

Например, по данным П. Мельникова,⁴ в США роботы могут выполнять 7 млн. видов рабочих операций, т. е. одну треть всех видов работ. В будущем автоматизация должна охватить 65—75% рабочих мест на американских промышленных предприятиях. К началу XXI в. около 2 млн. американцев будут производить, контролировать и ремонтировать роботы, увеличится потребность в проектировщиках новой техники и особенно в составителях программ — понадобится 3,5 млн. программистов. Одновременно к началу нового века потеряют свои рабочие места, если исходить из средних оценок, свыше 15 млн. трудящихся, а из 50 млн. торговых работников и конторских служащих 38 млн. будут заменены автоматами. Таким образом, американскую экономику ожидает массовая внециклическая безработица, признаки которой появляются уже сейчас. Она будет прямым следствием коренных технологических сдвигов в капиталистических условиях.

Социалистическая общественная система позволяет избежать нежелательных последствий широкого использования электронно-вычислительной техники. Но для этого результаты от применения компьютеров необходимо соотносить с социально-ценностными ориентациями категорий работников и целями развития всей нашей общественной системы. Создание гибких автоматизированных производств в СССР должно планироваться с учетом не только технико-экономических параметров, но и эргономических критериев их социальной эффективности, той роли, которую они играют в возвышении труда, превращении его в важнейшую человеческую потребность.

Научно-техническая революция предопределяет как социально-экономические изменения, так и социально-психологические последствия, первые вестники которых наблюдаются специалистами уже сейчас. Автоматизация производства, устраняя тяжелый физический, малопродуктивный труд, замещает его подчас трудом с недопустимо высокими психофизиологическими и нервно-психическими затратами человека. Появились новые симптомокомплексы болезненных состояний операторов ЭВМ,

⁴ Мельников П. Революция роботов и проблема занятости//Правда. 1984. 7 авг.

АСУ, гибких производственных систем. На основании опыта работы с дисплейной аппаратурой Международное бюро труда при ООН установило длительность работы на видеотерминалах не более 4 ч в день при обязательном 15-минутном перерыве через каждые 90 мин.

Ученые высказывают мнение о том, что массовая компьютеризация обучения, труда и быта может изменить свойства интеллекта, сделать человека рациональнее, сузить его духовный мир, привести к переоценке нравственных ценностей. Но до сих пор не установлена точно возможность таких изменений в психологии человека, мера влияния на нее существующих моделей взаимодействия с компьютерами, отсутствуют рекомендации по проектированию деятельности человека в роботизированных системах.

Недостаточная эффективность эргономического прогнозирования приводит к тому, что упускаются из виду психологические проблемы, связанные как с организацией непосредственного взаимодействия человека с ЭВМ, так и с внедрением средств автоматизации в уже сложившиеся организационные структуры человеческой деятельности. Очевидна необходимость разработки специальных эргономических мероприятий по преодолению психологического барьера человека при общении с машиной, по улучшению профессиональной подготовки пользователей и по обеспечению их творческих потребностей.

Эргономические прогнозы и гипотезы должны также обеспечить подготовку СЧТС к деятельности в измененных условиях существования. С развитием авиации, освоением космоса и гидросферы, началом добычи полезных ископаемых в труднодоступных регионах планеты появились новые виды деятельности и усложнились традиционные профессии. Психологи изучают различные виды экстремальных воздействий на человека:

- измененную афферентацию в космическом полете, полетах на самолетах, в условиях строгой сенсорной депривации, при погружении в воду и др.;

- измененную информационную структуру в космических полетах и полетах на самолетах, при работе в шахтах, подземных бункерах, на различных специальных тренажерах;

- социально-психологические ограничения при плавании на кораблях, работе в Арктике, полетах в космос;

- угрозу жизни при парашютных прыжках, в космических полетах, при подводной работе и работе в полярных условиях и др.

Таким образом, эргономисты должны прогнозировать и решать множество проблем, связанных с научно-техническим прогрессом.

5. *Создание методов исследования, проектирования и эксплуатации СЧТС, обеспечивающих ее безопасность, эффектив-*

ность и удовлетворенность трудом работающего в ней человека. В настоящее время более 90% аварий СЧТС происходит вследствие ошибочных действий человека. Причиной этого является то, что совершенствование технического звена системы идет быстрее, чем решение вопросов, связанных с человеческим фактором. В то же время резервы той составляющей общей эффективности, которая определяется совершенствованием технических средств автоматизированных систем, уже значительно исчерпаны. Повышение же эффективности СЧТС за счет организации оптимального взаимодействия технического звена системы и человека-оператора, взаимодействия между отдельными операторами таит в себе существенные резервы [7].

Решение указанной задачи требует создания соответствующих методов, одним из которых является метод структурно-алгоритмического анализа и синтеза деятельности [25]. Процедуру структурно-алгоритмического моделирования условно можно расчленить на три этапа.

Первый этап — структурный анализ. Основная цель его состоит в выделении по возможности непротиворечивым и удобным образом структурных уровней коллективной и индивидуальной деятельности, режимов работы и задач, решаемых оператором. Для этого проводятся операции по: 1) выделению круга обязанностей каждого из операторов, 2) выделению режимов работы, 3) выделению подмножеств задач для каждого режима и каждого оператора.

Второй этап — алгоритмизация. Основной его целью является получение в матричной и графической форме вероятностных алгоритмов для множества задач, предписываемых операторам. Процедура этапа состоит из следующих операций: 1) построения алгоритма задачи в форме графа Бержа, 2) перечисления реализаций алгоритма, 3) взвешивания реализаций (построения вероятностного алгоритма), 4) нормирования графа алгоритма.

Третий этап — структурно-алгоритмический синтез. Основная цель его заключается в синтезе алгоритмических структур, образованных совокупностью последовательно выполняемых алгоритмов задачи. Соответственно осуществляются операции по: 1) синтезу структуры режима работы, 2) синтезу структуры индивидуальной деятельности, 3) синтезу структуры коллективной деятельности, 4) симметризации и ранжированию матриц, описывающих структуры деятельности.

Такое моделирование, развернутое для конкретной ситуации, позволяет интерпретировать в виде, удобном для инженерного решения, задачу компоновки оборудования на постах централизованного контроля и управления.

6. Разработка специфических категорий эргономики, отражающих особенности ее предмета, содержания и метода. Нали-

чие предельно широких понятий, отображающих наиболее общие, существенные свойства, признаки, отношения предмета исследования, является обязательным условием существования любой области знания. Без них невозможны систематизация и классификация полученного материала. Из более чем 200 понятий, используемых в эргономике, согласованными и общепринятыми являются только 50 категорий. В эргономике разработка, обсуждение и принятие ее основных категорий осуществляются в форме создания государственного стандарта (ГОСТа). Стандартизация инженерно-психологических норм и требований является одним из наиболее эффективных путей внедрения достижений инженерной психологии в практику промышленного производства.

Анализ теоретико-методических и прикладных исследований по инженерной психологии и эргономике показывает, что в них особое внимание уделяется вопросам организации и методам проведения исследований, осуществления практических мероприятий, придания им юридического статуса и закрепления их основных положений в различного ранга документах государственного значения. О необходимости подобного подхода свидетельствуют не прекращающиеся до последнего времени дискуссии о том, что такое «эргономика» — наука или своеобразная технология применения полученных знаний, что такое «человек-оператор» и система «человек — техника». Сейчас разработаны единые нормативные документы, позволяющие упорядочить использование терминов и показателей качества в области эргономической оценки качества СЧТС в государственных и отраслевых стандартах, в межотраслевых методиках, в научной литературе и технической документации.

Основные понятия эргономики сосредоточены в ГОСТе 26387—84 «Система „человек — машина“». Термины и определения». Например, система «человек — машина» (СЧМ) по этому стандарту — система, состоящая из человека-оператора (группы операторов) и машины, посредством которой он осуществляет (они осуществляют) трудовую деятельность. Человек-оператор (оператор) — человек, осуществляющий трудовую деятельность, основу которой составляет взаимодействие с предметом труда, машиной и внешней средой через посредство информационной модели и органов управления. Машиной в СЧМ называют совокупность технических средств, используемых человеком-оператором в процессе деятельности. Деятельность человека-оператора — процесс достижения поставленных СЧМ целей, состоящий из упорядоченной совокупности действий человека, и т. д.

Однако работа по стандартизации основных понятий эргономики, которая должна обеспечить создание требований по эргономическому проектированию деятельности операторов в СЧТС, пока еще далека от завершения.

7. *Поиск, обнаружение и описание фактов, демонстрирующих связь качества труда человека с эргономическими параметрами технических систем и внешней среды.* В результате исследований эргономистов накоплено большое количество сведений о психологических и психофизиологических характеристиках человека, на которых базируются инженерно-психологические требования к техническим устройствам, окружающей среде. Эти сведения организуются в виде различного рода «банков данных», предназначенных для специалистов, непосредственно занятых созданием СЧТС. В качестве примеров можно назвать справочник под редакцией Б. Ф. Ломова [24] и справочник У. Вудсона и Д. Конновера [6]. Справочники по эргономике и инженерной психологии содержат тщательно проверенные количественные показатели психофизиологических возможностей и особенностей человека и различные зависимости между ними, которые необходимо использовать в проектировании, создании и оценке машин, оборудования, производственной среды, систем управления, промышленных изделий.

Обычно справочники содержат антропометрические данные, данные о функциональных возможностях и характеристиках анализаторных систем, об отдельных действиях человека и о его физиологической и психологической нагрузке.

Антропометрические данные объединяют данные измерений человеческого тела по возрасту, полу, роду занятий, этническому происхождению, а также данные измерений пропорций тела. Для решения отдельных задач предназначены данные о силе, с которой группы мышц воздействуют на физические объекты. Избирательно включаются данные, касающиеся движений частей тела, такие, как инерционные свойства и пределы статической нагрузки.

Данные о функциональных возможностях и характеристиках анализаторных систем показывают возможности и особенности аудиовизуальных систем человека в обнаружении, выделении и опознавании сигналов. Данные по другим анализаторным системам — кинестетической, проприоцептивной и вестибулярной — включаются в тех случаях, когда в них есть необходимость и когда им можно дать точную характеристику.

Данные об отдельных действиях содержат сведения о простых, легко измеряемых и точно охарактеризованных действиях человека с элементами оборудования и системами. Это время простой реакции и реакции выбора; характеристики действий, которые требуются от человека при использовании кнопок, ключей, клавиш и других органов управления; время приема, переработки информации и принятия решений.

Данные о физиологической и психологической нагрузке включают сведения о влиянии таких переменных, как шум, вибрация и температура, на повышение или снижение эффективности деятельности, на развитие или предотвращение утомления, на

создание комфортных или дискомфортных условий деятельности.

В связи с развитием эргономических исследований, изменением технологии, появлением принципиально нового оборудования данные пополняются и корректируются, т. е. банки данных постоянно обновляются. Часть сведений становится содержанием нормативно-технической документации — государственных стандартов. Например, особенности восприятия зрительной информации человеком положены в основу стандартов по общим эргономическим требованиям системы «человек — машина» «Кодирование зрительной информации» (ГОСТ 21829—76), «Мнемосхемы» (ГОСТ 21480—76) и др.

При пользовании справочниками следует учитывать, что изменение условий деятельности, индивидуальные особенности оператора, применение для измерений нестандартной аппаратуры могут дать ошибочные данные проектировщику СЧТС. Поэтому участие эргономиста в работе по проектированию и эксплуатации СЧТС с использованием «банков данных» является обязательным.

Теоретические исследования в эргономике сопряжены с решением практических задач, к которым относятся:

1. Эргономическое обеспечение проектирования СЧТС, состоящее из анализа трудовой деятельности оператора, распределения функций между человеком и машиной, прогнозирования численности обслуживающего персонала, учета факторов среды, определения социально-экономической эффективности новой СЧТС.

2. Разработка эргономических основ эксплуатации СЧТС, направленных на достижение социальной однородности труда, создание условий, при которых обеспечиваются развитие личности оператора, сохранение его здоровья и максимальная производительность труда.

3. Эргономическая оценка качества СЧТС, состоящая из установления эргономических требований к объекту, его параметров, эргономических показателей и их оценки и приводящая к установлению эргономического уровня качества объекта с последующим решением в случае необходимости об улучшении качества, выборе другого варианта и т. д. При решении этой задачи можно пользоваться Методическими указаниями по эргономической оценке стационарного производственного оборудования (РД 50—418—83).

Предмет эргономики. Предметом эргономики является трудовая деятельность человека в процессе взаимодействия с техническими системами и в условиях существенного влияния на него факторов внешней среды.

Инженерно-психологическое определение деятельности как процесса достижения поставленных перед СЧМ целей, состоящего из упорядоченной совокупности действий, позволяет уста-

Т а б л и ц а 1. Этапы деятельности человека-оператора [24]

Этап	Содержание этапа	Выполняемые действия	Влияющие факторы
Прием информации	Формирование перцептивного (чувственного) образа	Обнаружение — выделение объекта из фона. Различение — раздельное восприятие двух объектов, расположенных рядом, либо выделение деталей. Опознавание — выделение и классификация существенных признаков объекта	Сложность воспринимаемого сигнала, вид и число индикаторов, организация информационного поля, размеры изображений, их физические и технические характеристики
Оценка и переработка информации	Формирование оперативного образа	Сопоставление заданных и текущих параметров (режимов) СЧМ	Способы кодирования, степень сложности информационной модели, объем отображения, динамика смены информации
Принятие решения	Формирование последовательности целесообразных действий для достижения цели на основе преобразования исходной информации	Поиск, выделение, классификация и обобщение информации о проблемной ситуации. Построение текущих образов с рядом оперативных концептуальных моделей. Сопоставление текущих образов с рядом эталонов и оценка сходства между ними. Коррекция моделей. Выбор эталонной гипотезы или построение ее. Принятие принципа и программы действий	Тип решаемой задачи, число и сложность проверяемых логических условий, сложность алгоритма и число возможных вариантов решения
Реализация принятого решения	Использование выходных «каналов» человека: двигательного (моторного) или речевого	Перекодирование принятого решения в машинный код. Поиск нужного органа управления. Движение к органу управления. Движение руки к органу управления и манипуляции с ним	Число и тип органов управления, их характеристики (размер, форма и т. п.), совместимость двигательных операций, компоновка рабочего места, характеристика окружающей среды и др.

новить этапы деятельности оператора, их содержание, выполняемые при этом действия и факторы, влияющие на ее успешность (табл. 1).

В инженерной психологии один из научных подходов к пониманию деятельности базируется на том, что деятельность исходит из определенных мотивов и направлена на достижение определенных целей. Отношение «мотив — цель» — это своего рода вектор, задающий ее направленность и интенсивность. В общем смысле мотив — это то, что побуждает человека к деятельности, а цель — то, чего он стремится достигнуть в процессе ее выполнения. Основой мотива является потребность человека, т. е. его объективная необходимость в пище, энергии, информации, движении. В потребностях заключены «пружины» человеческой деятельности, мотив — это форма субъективного отражения потребностей. Сформированный вектор «мотив — цель» реализуется в деятельности. Цель как бы связывает социально-психологические и процессуальные аспекты деятельности. Цель как регулятор деятельности — это идеальный, или мысленно представляемый, ее результат, т. е. то, чего еще реально нет, но что должно быть получено в итоге деятельности.

Инженерной психологией упорядочены и последовательно определены, исходя из категории движения, семантические эквиваленты понятия «деятельность». Они образуют такой ряд:

- активность как самодвижение;
- жизнедеятельность как биологическая, белковая активность;
- деятельность как целесообразная жизнедеятельность;
- человеческая деятельность как сознательная деятельность;
- трудовая деятельность, или труд, как производящая стоимость человеческая деятельность;
- профессиональная деятельность, или профессиональный труд, как трудовая деятельность (труд), производящая стоимость в особой потребительной форме, требующая специальной квалификации;

— операторская деятельность как профессиональная деятельность, технически оснащенная для дистанционного контроля и управления предметом, средствами труда и самим трудом.

Отсюда следует инженерно-психологическая трактовка трудовой деятельности: любой труд в условиях комплексной механизации и автоматизации является либо становится профессиональным трудом операторского типа [25].

Основным объектом эргономики является система «человек — техника — среда». В инженерной психологии изучают систему «человек — машина», т. е. систему, состоящую из человека-оператора и машины, посредством которой оператор осуществляет трудовую деятельность; эргономика исследует еще и факторы внешней — физической, химической и социальной — среды,

существенно влияющие на эффективность деятельности СЧТС. Под «человеком-оператором» в эргономике понимается человек, осуществляющий трудовую деятельность, основу которой составляет взаимодействие с предметом труда, машиной и внешней средой посредством информационной модели и органов управления. Информационная модель — это организованное в соответствии с определенной системой правил отображение состояний предмета труда, СЧТС, внешней среды и способов воздействия на них. На основе восприятия информационной модели в сознании оператора формируется образ состояния управляемого объекта. Вся совокупность представлений человека-оператора о целях и задачах трудовой деятельности и состояниях предмета труда СЧМ, внешней среды и способах воздействия на них называется концептуальной моделью.

На прием и переработку информации человеком-оператором могут влиять такие факторы внешней (рабочей) среды, как температурные условия, шум и вибрация, освещенность, изменения внешнего давления, ускорения, изменения газового состава воздуха, электромагнитные излучения. Они могут резко изменять соматическое и психическое состояние работника, а следовательно снижать эффективность его деятельности вплоть до проявлений неадекватного поведения. Не менее важно и влияние социальной среды, в которой работает человек. Социальная среда действует на оператора через характер межличностных отношений в коллективе, группе, сплоченность персонала СЧТС.

Группу операторов СЧТС, т. е. команду, следует отличать от малой группы, представляющей собой объект исследований социальной психологии. Команда обычно хорошо организована и обладает высокой структурированностью поведения. Как правило, команда обладает жесткой структурой и организацией: члены команды имеют строго определенные обязанности, которые лишь в малой степени перекрываются; члены команды снабжены специальной инструкцией и осмысленно взаимодействуют с оборудованием, задачами и друг с другом.

Если же группа имеет свободную структуру и сеть коммуникаций, а обязанности выбираются членами группы, то деятельность группы зависит только от качества работы отдельных индивидов. Такую группу нельзя заранее снабдить специальной инструкцией, поскольку не известны характер труда и степень участия отдельных членов группы в выполнении общей задачи, и в результате можно ожидать временной дезадаптации операторов или даже полной дезадаптации. Эти процессы сопровождаются нарушениями в психической деятельности, вызванными возникновением и развитием «трудных» психических состояний: утомления, тревожности, психической напряженности, эмоционального стресса. Психические процессы, обеспечивающие прием, преобразование информации, выработ-

ку решения и выдачу информации (ощущения, восприятие, внимание, память, мышление, воображение и др.), нарушаются, в итоге центральное звено СЧТС — человек-оператор — утрачивает работоспособность, а вместе с ней эффективность и надежность. Предусмотреть и предупредить эти нарушения и призвана эргономика.

Методы. Применяемые в эргономике методы сложились в психологии, физиологии, гигиене и охране труда, функциональной анатомии, социологии. Задачей эргономики является их координация на основе системного подхода. Среди психологических методов различают инженерно-психологические, психофизиологические и персонологические, математические методы и методы моделирования.

Инженерно-психологические методы предназначены для исследования рабочего процесса и работы оператора, функционирования СЧТС, оценки деятельности оператора, анализа его ошибок и факторов внешней среды, для проектирования деятельности.

Психофизиологические и персонологические методы позволяют исследовать организацию психофизиологических функций организма человека-оператора в процессе деятельности, оценивать и контролировать его функциональное состояние, работоспособность, надежность и эффективность деятельности, особенности проявлений его личности и индивидуальности. С помощью этих методов исследователи пытаются понять, каким образом мозгу удастся скоординировать все сложнейшие процессы, лежащие в основе управляющих действий оператора и необходимые для поддержания его жизнедеятельности и развития личности.

Математические методы применяются для формализованного описания и построения моделей деятельности оператора. Наиболее часто для построения моделей применяют следующие теории: информации, массового обслуживания, автоматического управления, автоматов, статистических решений (подробнее об этом см. в [24]).

Методы моделирования включают предметное, предметно-математическое, знаковое и математическое моделирование. Например, предметное моделирование ведется на модели, воспроизводящей основные геометрические, физические, динамические и функциональные характеристики «оригинала». Различают статические и функциональные макеты. Первые — это, как правило, трехмерные, выполненные в натуральную величину модели оборудования и его отдельных блоков, которые подвергают испытаниям: а) для решения задач организации рабочего места; б) для проверки размещения органов управления; в) для проверки точности и скорости считывания показаний приборов; г) для определения доступности точек проверки, испытаний, регулировки в процессе технического обслуживания оборудова-

ния. Функциональный макет представляет модель оборудования в натуральную величину, которая в отличие от статического макета может воспроизводить реальное функционирование аппаратуры в режимах ручного и автоматического управления. Он может быть использован для изучения трудовой деятельности оператора в имитированных условиях работы с целью сравнения альтернативных вариантов конструкции.

Идеи системного подхода как одной из ведущих современных общенаучных ориентаций определяют многие исходные установки и теоретические положения эргономики. В их числе — стремление к целостному рассмотрению человеко-машинных систем, системно-динамический взгляд на их структуру, включение деятельности человека в предмет научного рассмотрения, тенденция к синтезу различных аспектов исследования, стремление выявить возможные последствия деятельности человека.

«Система» — слово греческое, буквально означает «целое, составленное из частей». Термин «системный подход» охватывает группу методов, с помощью которых реальный объект описывается как совокупность взаимодействующих компонентов. Под системой понимается такая организация, в которой отдельные элементы целенаправленно работают вместе, чтобы получить выходной эффект, который отдельный элемент сам по себе дать не может. Системная организация должна соответствовать следующим допущениям:

1. Система построена по принципу иерархии, т. е. система более низкого порядка встроена в систему более высокого порядка и т. д., и выходной эффект (отдача) системы более низкого порядка воспринимается системой более высокого порядка и преобразуется в процесс.

2. Система целенаправленна. В частности, системы, с которыми взаимодействует человек, целенаправленны, поскольку являются конструкциями, т. е. искусственно созданы человеком. При этом цель служит отправной точкой для разработки СЧТС; цель определяет деятельность создателей и эксплуатационников СЧТС; цель позволяет «судить», правильно ли работает СЧТС.

3. Каждый элемент системы подчинен общей цели.

4. Каждый элемент системы оказывает влияние на все другие элементы.

5. Выходные эффекты отдельных элементов преобразуются в выходной эффект системы.

6. Измерение, оценка, обратная связь являются неотъемлемыми элементами системной организации. Так, если цель СЧТС определена и особенно если она определена количественно, то эта цель устанавливает эталон рабочих характеристик, которого нужно достигнуть.

1.3. СОСТАВ И СТРУКТУРА ЭРГОНОМИКИ

Признаками эргономического качества СЧТС являются ее высокая эффективность, полная безопасность взаимодействия человека-оператора с техническими устройствами, удовлетворенность человека содержанием, характером, результатами своего труда.

Эргономическую оценку СЧТС можно осуществлять дифференциальным методом, при котором используются отдельные эргономические показатели, или комплексным методом, при котором определяют один обобщенный эргономический показатель. Оценку составляет комплексный эргономический показатель I уровня, характеризующий определенную группу эргономических свойств оборудования, однородных по функциональному назначению:

- обеспеченность эффективности приема и переработки информации;
- обеспеченность эффективности действий при работе на оборудовании;
- уровни факторов, генерируемых оборудованием в рабочую зону.

Его дополняет комплексный эргономический показатель II уровня, характеризующий группу эргономических свойств оборудования, однородных по соответствию тем или иным свойствам человека в процессе трудовой деятельности, и образован-

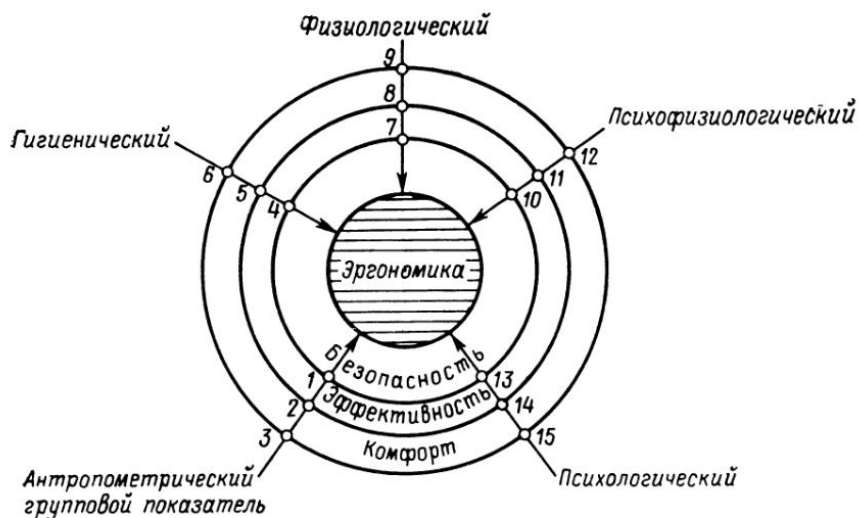


Рис. 1. Состав и структура эргономики.
Объяснение см. в тексте.

ный следующими групповыми показателями: антропометрическим, гигиеническим, физиологическим, психофизиологическим и психологическим.

Перечисленная группа показателей формирует *состав эргономики* (рис. 1).

Первый групповой показатель, антропометрический, регламентирует соответствие машины размерам и форме тела работающего человека, подвижности частей тела и другим параметрам. Его единичные показатели обеспечивают рациональную и удобную позу, правильную осанку, оптимальную хватку рукояток, максимальные и оптимальные рабочие зоны рук и ног и т. д. Как отмечалось в подразделе 1.2, сведения, приводимые в антропометрических справочниках, могут служить лишь для первых, грубых прикидок габаритов проектируемого оборудования. Во всех случаях конструирования СЧТС необходимо прибегать к помощи специалиста, который знаком с измерениями частей тела, соматическими типами тела и художественным проектированием. Для целей проектирования оборудования в СССР недопустимо применение антропометрических данных других стран. Например, длина руки, вытянутой вперед, у мужчин в СССР равна 688—800 мм; для США эти данные иные, 710—840 мм соответственно. Весьма существенны различия по показателю высоты глаз над полом: 1465—1655 мм по советским данным и 1550—1750 мм по данным США и т. д. Поэтому применение данных США может привести к размещению средств отображения информации и органов управления за пределами досягаемости для оператора и, следовательно, к провоцированию аварийной ситуации.

Второй эргономический групповой показатель характеризует гигиенические условия жизнедеятельности и работоспособности человека при его взаимодействии с СЧТС. Он предполагает создание на рабочем месте нормальных метеорологических условий микроклимата и ограничение воздействия вредных факторов внешней среды. Групповой показатель составляют единичные показатели освещенности, вентилируемости, температуры, влажности, давления, запыленности, радиации, шума, вибрации, гравитационной перегрузки и ускорений, силы электромагнитных излучений. Превышение допустимых пределов по этим показателям может угрожать жизни и здоровью человека-оператора, вызывать «трудные» психические состояния, снижающие его работоспособность. Известно, например, что оптимальная для работы человека температура окружающей среды равна 18°C; при повышении температуры до 25°C начинается физическое утомление и появляются признаки ухудшения психического состояния (раздражительность, напряженность и др.); при 30°C ухудшается умственная деятельность, замедляются реакции, возникают ошибки; температуру около 50°C оператор может переносить в течение одного часа.

В эргономике упорядочены основные термины, характеризующие внешнюю среду рабочего места человека-оператора. Под факторами внешней среды на рабочем месте понимаются физические, химические, биологические, информационные, социально-психологические и эстетические свойства СЧТС, воздействующие на человека-оператора. Эргономисты выделяют комфортную, относительно дискомфортную, экстремальную и сверхэкстремальную внешние рабочие среды на рабочем месте оператора.

Комфортная среда обеспечивает оптимальную динамику работоспособности оператора, хорошее самочувствие и сохранение его здоровья.

Относительно дискомфортная среда, действуя в течение определенного интервала времени, обеспечивает заданную работоспособность и сохранение здоровья, но вызывает у человека-оператора неприятные субъективные ощущения и функциональные изменения, не выходящие за пределы нормы.

Экстремальная рабочая среда обуславливает снижение работоспособности человека и вызывает функциональные изменения, выходящие за пределы нормы, но не ведущие к патологическим нарушениям.

Сверхэкстремальная среда приводит к возникновению в организме человека патологических изменений и (или) к невозможности выполнения работы.

Третий и четвертый групповые показатели, физиологический и психофизиологический, характеризуют те эргономические требования, которые определяют соответствие СЧТС силовым, скоростным, энергетическим, зрительным, слуховым, осязательным, обонятельным возможностям и особенностям человека. На основании многочисленных экспериментальных данных сформулированы, например, эргономические требования ГОСТа 21829—76 «Кодирование зрительной информации», по которым минимальная допустимая яркость цветных знаков должна быть 10 кд/м^2 , рекомендуемая — 170 кд/м^2 , оптимальная угловая величина цветового знака — $35\text{—}45'$ и т. д. Эргономические требования ГОСТа 21752—76 «Маховики управления и штурвалы» следуют из экспериментально установленных максимальных усилий руки при различных углах сгиба в локте. Например, вытянутой правой рукой оператор может тянуть на себя рукоятку с силой до 22 кг, толкать от себя — до 20 кг, выжимать вверх — до 5,5 кг, тянуть вниз — до 7 кг и т. д. В процессе проектирования необходимо отчетливо представлять возрастные, половые, психологические и другие особенности операторов конкретной СЧТС. Так, с возрастом резко падает чувствительность к свету: потребность в освещенности у человека 30-летнего возраста в два раза, у 40-летнего в три, а у 50-летнего в шесть раз больше, чем у 10-летнего. Отсюда следует, что если 30-летнему оператору достаточно освещенности в 1000 лк для

максимально точного восприятия деталей, то для создания аналогичных условий 50-летнему необходимо около 2000 лк.

Пятый групповой показатель, психологический, отражает соответствие машины возможностям и особенностям восприятия, памяти, мышления, психомоторики, закрепленным и вновь формируемым навыкам работающего человека, степени и характеру группового взаимодействия, опосредования межличностных отношений содержанием совместной деятельности по управлению СЧТС. Эти особенности выступают в качестве единичных показателей. Психические процессы в зависимости от характера работы в СЧТС могут изменять свои параметры, присущие этим же людям в обычных условиях. Например, восприятие текста бортовой документации на борту пилотируемого космического аппарата, в которое включены процессы восприятия, мышления, представления, зависит не только от светотехнических условий рабочего места космонавта, но и от многих других специфических факторов, воздействующих на организм космонавта в полете. К таким факторам можно отнести строгий лимит времени, утомление, недостаточность афферентации, гиподинамию.

Существуют эргономические рекомендации по организации поведения персонала СЧТС, «команды». Например, при разработке СЧТС необходимо создавать иерархическую структуру с определенной степенью централизации. Надо развивать параллельные подсистемы, избегая последовательных структур. Насколько позволяет задание, при разработке СЧТС не следует создавать условий, допускающих возможность взаимодействия членов команды, в особенности таких, которые требуют вербальной коммуникации. В целях обеспечения коммуникаций нужно отдавать предпочтение визуальным средствам отображения информации перед вербальными каналами и т. д.

Психологический групповой показатель объединяет данные инженерной психологии, психологии труда, социальной психологии, социологии труда.

Структуру эргономики формируют ее цели: эффективность СЧТС; безопасность работы в ней; создание условий, обеспечивающих развитие личности человека-оператора (комфорт). Очевидно, что значимый результат может быть достигнут при согласованном взаимодействии специалистов из разных областей знания: системотехников, дизайнеров, врачей-гигиенистов, специалистов по физиологии труда, биофизике, психологов. Их усилия должны сочетаться с работой конструкторов СЧТС, заинтересованных в ее максимальной производительности и надежности; специалистов по охране труда, ответственных за безопасные условия труда операторов; организаторов и руководителей производства, обеспечивающих комплектование персонала СЧТС и решение социальных вопросов.

Достижение целей эргономики представляется весьма слож-

ным делом, потому что уже при постановке задач проектирования и эксплуатации СЧТС необходимо контролировать 15 точек (см. рис. 1), каждая из которых может решающим образом повлиять на успешность технической разработки. Можно оптимально произвести взаимную адаптацию человека и технических устройств по 14 точкам, т. е. антрометрическим (точки 1—3), гигиеническим (4—6), физиологическим (7—9) и другим параметрам, но не придать значения точке 13 (безопасность — психологический групповой показатель) — и вся разработка теряет смысл. Например, изнуряющая монотонность автострад притупляет бдительность водителей и вызывает у них сонливость, которая способствует авариям. Эргономист для предотвращения этого эффекта может предусмотреть в конструкции автомашины прибор, который улавливал бы произвольные движения головой или ослабление мышц рук на руле, характерные для засыпающего водителя, и посылал бы пробуждающий звуковой сигнал.

Анализ множества ошибок операторов, приводящих к остановкам или авариям СЧТС, показывает, что 50% из них имеют в своей основе недоучет психологического группового показателя, 22% — психофизиологического, 6% — физиологического, 19% — гигиенического и 3% — антропометрического. Этим определяется преобладающий объем психологических исследований в процессе эргономической проработки и оценки промышленных изделий и их большое влияние на состав и структуру эргономики.

Глава 2

ТРУДОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ПРАКТИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

2.1. ТРУДОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК СИСТЕМА

Методологической основой любых исследований трудовой деятельности должны быть известные положения К. Маркса о сущности и о простых моментах процесса труда.¹ С позиций этих положений, а также современного системного подхода трудовая деятельность, т. е. труд, представляет собой особую систему. Компонентами этой системы являются предметы и продукты, средства труда и люди как субъекты труда, преобразующие в процессе труда предметы в продукты с помощью средств труда. Отвлеченный от конкретного содержания процесс расходования человеческой рабочей силы, целенаправленно и целесообразно соединяющий средства труда с предметом и преобразующий его в полезный результат (продукт), т. е. процесс труда, является системообразующим фактором труда как системы. Без работающего человека нет труда в качестве функционирующей системы. Автоматы, как бы сложны и автономны они ни были, не трудятся, а лишь работают в физическом смысле. Трудятся, значит, работают в социально-экономическом смысле, только люди, создающие и эксплуатирующие механизмы, машины и автоматы.

Главная функция труда как системы — производство потребительных стоимостей. Поэтому любой *труд по сути своей является производительным трудом*. Но есть у труда и другие функции, связанные с подготовкой и обеспечением, организацией и оптимизацией, эффективизацией процесса, хранением и реализацией продукта, охраной окружающей среды. Таким образом, *труд — полифункциональная система*.

Труд является социально-исторической системой, которая формируется в конкретно-исторических условиях и, в свою очередь, эти условия через посредство способов производства

¹ См.: Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 23. С. 51, 189—192.

определяет. Труд сформировал человека как социальное существо и формирует социальные черты каждого нового человеческого поколения в целом и каждого конкретного трудящегося человека в отдельности.

Конкретное бытие труда определяется той стоимостью, которую труд производит в конкретной потребительной форме. Поэтому само понятие труда нуждается в конкретизации в соответствии с содержанием производимых продуктов, средств, соединяющих их процессов, а также знаний и умений трудящегося человека (или коллектива трудящихся), т. е. в соответствии с функциями, техникой и технологией, профессией и квалификацией работников. Отсюда, с одной стороны, появляется разнообразие систем специализированного и квалифицированного труда, создаваемых и функционирующих в различных сферах общества — производстве, просвещении, здравоохранении и т. д., а с другой стороны, появляется разнообразие профессий, специальностей, узких и широких специализаций у трудящихся. Разнообразие это так велико, что, по некоторым данным, насчитываются многие десятки тысяч профессий. В то же время научные и практические задачи, стоящие перед обществом, требуют систематизации форм труда и связанных с ними профессий. Однако при любых систематизациях теряется многое из конкретного содержания труда. Это содержание может быть выявлено лишь в обстоятельном изучении именно конкретного труда.

Систематизировать формы труда можно по разным особенностям компонентов труда. Так, специфика предмета труда и получаемого продукта приводит к различению форм труда по ведомственному принципу, — например, труд в различных отраслях промышленности, на транспорте, в областях просвещения, здравоохранения, связи и т. д. Для эргономики такое различение важно главным образом в целях накопления и обобщения отраслевого опыта исследований и разработок.

Особенности технологии, определяемые технической оснащенностью труда, приводят к выделению трех форм: ручного, механизированного и автоматизированного труда. Ручной труд (труд вручную) не связан с применением либо ограничивается применением определенного инструмента — топора и пилы у плотника, лопаты у землекопа. Механизированный труд использует различные механизмы — подъемные, обрабатывающие, транспортные и др. Автоматизированный труд осуществляется с помощью различных автоматических устройств, например автопилота у летчика.

Для эргономики указанное разделение важно по крайней мере в двух отношениях. Во-первых, в отношении к данным психологии и физиологии труда, объектом изучения которых традиционно был ручной труд, а затем и труд механизированный. Также и в отношении к данным инженерной психологии,

в которой объектом изучения с начала и до сего времени является труд автоматизированный. Во-вторых, в отношениях многих конкретных видов труда, в которых указанные формы сочетаются в определенных пропорциях. Так, например, современный механизатор неизбежно сочетает механизированный труд с трудом вручную при ремонте средств механизации, а оператор ЭВМ — автоматизированный расчет с ручным вводом и проверкой данных. Вообще элементы ручного и механизированного труда имеют место в большинстве видов современного труда автоматизированного. И это необходимо учитывать.

Пожалуй, наибольшее число форм или видов труда может быть выделено в связи с особенностями труда в отношении к работающему человеку. И это не случайно: ведь работа человека является системообразующим фактором труда. Здесь прежде всего принято различать труд легкий и тяжелый — по степени затрат рабочей силы. Далее различают физический и умственный (преимущественно) труд, причем нередко физический труд отождествляют с тяжелым, а умственный — с легким трудом, что, конечно, неправомерно, но имеет свои причины. Эти причины, по-видимому, коренятся в том, что измерения затрат рабочей силы в виде энерготрат организма проводились физиологами труда на примере тяжелых ручных и слабомеханизированных работ. При этом не вычленялись и не учитывались психические затраты работающего человека. И только более поздние исследования показали, что психические затраты у лиц, занятых преимущественно умственным трудом, но интенсивным, напряженным и ответственным, отнюдь не меньше, чем энерготраты при мускульной работе. Так что умственный труд, как и физический, может быть и легким, и тяжелым.

Широко используется различие неквалифицированного (или малоквалифицированного) и квалифицированного, в том числе высококвалифицированного, труда, что определяется количеством и качеством знаний и умений работников, соответствующей специальной их профессиональной подготовкой. Для эргономики в этой связи важно заниматься не только и не столько трудом вообще, сколько трудом профессиональным — профессиональной деятельностью: ведь именно квалифицированный, профессиональный труд необходим на современном этапе и в перспективе научно-технического прогресса. Но особенностью профессионального труда является длительность приобретения требуемой квалификации, которая при традиционных методах профессионального обучения оказывается недопустимо большой. Отсюда следует ряд задач эргономики по эффективизации профессиональной подготовки кадров и освоения новой техники и технологий.

В научном и практическом обиходе широко используются такие свойства труда по отношению к работающему человеку, как однообразный или разнообразный, монотонный или немо-

нотонный, простой или сложный, мало- или высокосодержательный, нетворческий или творческий, неинтересный или интересный труд. Все эти и аналогичные свойства важны для эргономики: они обуславливают практические состояния и отношение человека к своему труду, степень удовлетворенности или неудовлетворенности трудом и, в итоге, производительность и качество продукции. Природа человека не терпит крайностей. Слишком простой, малосодержательный, однообразный и монотонный труд для человека так же неприемлем, как и труд слишком сложный, чрезмерно содержательный и разнообразный. И тот, и другой труд вызывает отрицательные практические состояния, неудовлетворенность со всеми объективными последствиями: низкой производительностью, браком, текучестью кадров и т. п. Конечно, мера приемлемой выраженности перечисленных качеств труда индивидуальна. Но могут быть, хотя бы эмпирически, разработаны определенные нормативы. Это важная задача эргономических исследований, и не только их. В частности, отношение к труду как нетворческому или творческому наряду с объективными причинами имеет и субъективные: недостаточное трудовое воспитание и непонимание того, что творческий характер труда определяется не самим по себе, т. е. обезличенным, трудом, а работающим человеком, от которого во многом зависит, творческий или нетворческий характер имеет его труд.

Еще одно важное для эргономики свойство — степень опасности, в том числе вредности, труда для человека и окружающей среды. Труд опасен, если в процессе труда возможны травмы, увечья, гибель работающих и окружающих людей. Труд вреден, если в результате длительной работы наступают необратимые изменения здоровья трудящихся, окружающих людей и природной среды. Речь идет о профессиональных заболеваниях — силикозе у шахтеров, вибрационной болезни у клепальщиков и т. п., — а также о воздействии электромагнитных полей, инфразвука, ядовитых веществ и т. п. на людей, проживающих в зоне действия вредных факторов, на флору и фауну не только близких, но и отдаленных районов, т. е. об экологической проблематике. Поэтому в эргономических исследованиях и разработках должны учитываться и использоваться данные как гигиены и охраны труда, техники и психологии безопасности труда, так и экологии. Целесообразно даже выделить здесь область экологии труда как одну из перспективных областей эргономики.

2.2. ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Даже простой труд сложен, и в нем можно выделить разные компоненты, или стороны, находящиеся в различных отноше-

ниях. Эти компоненты и отношения изучаются с разных точек зрения специальными науками, в комплексе образующими эргономику. Так, с экономической точки зрения изучаются овеществленный и живой, необходимый и прибавочный компоненты труда, стоимость, затраты, прибыль и т. д. С конкретно-технологической точки зрения исследуются материальные, энергетические и информационные преобразования предмета труда в продукт, физическая, химическая и другие стороны этих преобразований, а также операционный состав труда и его логико-пространственно-временные структуры. В физиологии труда изучают трудовую работоспособность, энергетические и нервно-психические затраты организма человека, манипуляционные возможности и биомеханические особенности трудовых движений. В психологии труда основное внимание уделяют профессионально-важным свойствам личности человека, психическим процессам и функциональным системам, образно-понятийным долговременным и оперативным концептуальным моделям, которые формируются у человека в процессе труда и обеспечивают этот процесс. В научной организации труда исследуются и разрабатываются формы такого взаимодействия материально-технических, организационных и людских компонентов, а также условий труда, при которых обеспечиваются высокая производительность и качество, гуманность условий труда. В социологии труда изучаются существующие формы труда и их динамика, обеспеченность кадрами, мобильность кадров и другие компоненты и отношения, присущие труду как особой социальной системе.

В инженерной психологии сложилось представление о современном труде как множестве человеко-технических систем, своеобразии которых определяется, во-первых, уровнем технических орудий труда, изменяющихся от несложных механизмов до автоматических устройств и ЭВМ в системах искусственного интеллекта, а во-вторых, дистанционным характером контроля и управления, охватывающим труд частично или в целом. Процесс труда при этом рассматривается как циклический процесс приема, переработки и выдачи, а также контроля управляющей информации, осуществляемый человеком-оператором, который взаимодействует с техническими средствами отображения информации и органами управления, расположенными на рабочем месте и образующими информационную модель предмета, условий и процесса труда.

Сложившиеся в инженерной психологии параметрическое описание объекта контроля и управления; описание информационной модели с ее индикаторами и органами управления, обеспечивающей их автоматикой и ЭВМ как орудиями труда оператора; алгоритмическое описание процесса труда; наконец, описание субъекта труда как человека-оператора (или коллектива операторов) с его практическими свойствами и состояниями,

долговременными и оперативными концептуальными моделями компонентов труда — все эти и другие инженерно-психологические описания входят в состав и образуют основу эргономического описания трудовой деятельности.

С психологических позиций фундаментальным для эргономики является представление труда в виде двух взаимодействующих планов: внешнего и внутреннего. Во внешнем плане перед исследователем-эргономистом труд предстает как процесс материальных, энергетических и информационных взаимодействий субъекта с предметом труда. Эти взаимодействия опосредствуются орудиями труда и разворачиваются в физическом пространственно-временном континууме в соответствии с конкретной технологией, организацией и условиями труда. В процессе технологических преобразований предмета производятся разнообразные продукты — объективные результаты труда, которые удовлетворяют в той или иной степени общественные и личные потребности. Субъект труда во внешнем плане предстает как движитель и организатор процесса труда, в меру своей работоспособности, квалификации и желания расходуя свою рабочую силу в производительном труде и обеспечивающий определенное количество и качество труда в течение каждого рабочего периода и всей профессиональной жизни в целом.

Во внутреннем плане труд является субъективным отражением субъектом труда внешнего плана трудовой деятельности и его выражением, реализацией в меру способностей и квалификации, сил и состояний. Иначе говоря, во внутреннем плане труд представляет собой функционирующую образно-понятийную модель внешнего плана, т. е. идеальную, психическую деятельность индивидуального субъекта труда, в которой его профессиональные знания и умения, организованные в иерархическую систему долговременных и оперативных концептуальных моделей, планируют и программируют, реализуют и направляют, контролируют, оценивают и корректируют трудовые движения и действия, их результаты. Во внутреннем плане объективные общественные потребности преобразуются и сочетаются с личными потребностями, опредмечиваются в виде общетрудовых и конкретно-профессиональных мотивов, конкретизируемых далее в виде целей — субъективно предвидимых полезных результатов; эти цели и в процессе, и после их достижения сравниваются с результатами и вместе с ними корректируются до заданного качества.

Эргономическое описание трудовой деятельности в определенной мере должно обобщать различные частные описания этой деятельности как системы, образованной предметом, средствами, субъектом и связывающим их в единое целое процессом труда. Будучи знаковой моделью, эргономическое описание трудовой деятельности может отображать эту деятельность

только во внешнем плане, но в нем реконструируется и материализуется также и внутренний план деятельности. Поэтому эргономическое описание представляет собой определенную экспликацию обобщенного профессионального опыта и может служить для целей профессиональной подготовки кадров. В то же время следует различать эргономические описания существующих и модернизируемых или вновь создаваемых трудовых деятельностей. Описания существующего труда используются для его эргономической оценки и совершенствования при модернизации производства. Они поставляют исходные и сравнительные данные для эргономического проектирования новой трудовой деятельности.

В условиях комплексной механизации и автоматизации производства, внедрения в него манипуляторов и роботов, гибких производственных систем сложившиеся прежде виды труда коренным образом изменяются, так что механизированный труд относительно ручного, автоматизированный — относительно механизированного выступают как новые формы труда. Принципиально новым является труд по обслуживанию роботов и гибких производственных систем. Ясно, что эргономическое описание новой, еще не существующей и не имеющей подходящих аналогов деятельности может представлять собой лишь эргономический проект этой деятельности. Такой проект должен разрабатываться как часть проекта человеко-технической системы, по аналогии с техническим проектированием, и должен содержать в себе конструктивное описание предмета, орудий, процесса и субъекта труда, позволяющее сформулировать требования, дать рекомендации и предложения разработчикам, изготовителям и эксплуатационникам технических компонентов системы труда, с одной стороны, и работникам систем профориентации, профотбора и профподготовки кадров, с другой стороны.

Следовательно, *эргономическое описание в виде проекта трудовой деятельности* должно служить документом, определяющим и обосновывающим с эргономических позиций выбор средств и степени механизации и автоматизации, средств и организации коммуникаций, контроля и управления, параметров рабочих мест и рабочей среды, профессионально-важных свойств, умений и знаний субъектов труда и путей целесообразного профессионального формирования этих субъектов — в общем, всего того, что обеспечивает высокопроизводительный и в то же время гуманный труд и высокое качество продукции.

Итак, основными компонентами эргономических описаний трудовой деятельности являются описания предмета, средств, процесса и субъекта труда. Рассмотрим эти описания подробнее.

Эргономическое описание предмета труда. Предмет труда образуют состояния некоторого объекта — свойства вещи или

механизма, положения подвижной машины в пространстве, значения совокупности параметров технологического процесса и т. п. Поскольку основная функция труда заключается в том, чтобы целенаправленно изменять и поддерживать состояния предмета, то его эргономическое описание должно содержать в себе по возможности точное перечисление начальных, промежуточных и конечных (заданных) состояний, а также тех законов, которые связывают и позволяют преобразовывать и поддерживать все эти состояния. Особое значение имеет описание «отрицательных» конечных состояний предмета труда — тех объективных результатов, которые представляют собой низкопробную, некондиционную продукцию, брак, а также прямые производственные или экологические последствия нарушений технологии, неисправностей и халатности.

В идеале эргономическое описание должно отражать все существенные особенности состояний и связывающих их законов, необходимые и достаточные для обеспечения эффективного и качественного труда со стороны его субъекта и для подготовки квалифицированных субъектов данного труда. Но известно, что вербальные описания принципиально неполны и недостаточны: примером могут служить технические описания и инструкции. Поэтому на практике вербальные описания дополняются наглядными изображениями в виде рисунков, схем и т. п., макетами и моделями, образцами, а также наблюдениями и личным опытом профессионалов — производственников, разработчиков, эргономистов. Сказанное справедливо и для описания других компонентов трудовой деятельности.

Эргономическое описание средств труда. К средствам труда относятся орудия, рабочее место и условия труда. Описание должно отражать эргономичность этих средств, т. е. совокупность свойств и параметров, должным образом приспособленных к человеку или коллективу как субъекту труда.

Так, инструмент должен быть охарактеризован по назначению, весу, особенностям манипулирования с ним (захваты, движения, усилия, рабочая поза и т. д.). Дисплей должен быть описан по функциям, для которых он применяется, по светотехническим параметрам, размерам и биомеханическим свойствам наборных полей, особенностям кодирования и декодирования сообщений, передаваемых человеку от ЭВМ и обратно, по безопасному и рациональному режиму труда за дисплеем и отдыху от него.

Рабочее место прежде всего характеризуется как индивидуальное или коллективное и как сосредоточенное или распределенное в пространстве рабочего помещения либо территории. Для сосредоточенного или для каждой позиции рассредоточенного рабочего места должны быть определены и приведены в описании размеры, сенсомоторные зоны, сопоставленные с известными эргономическими нормативами, частотные и времен-

ные характеристики пребывания и маршруты перемещения, а также визирования и речевой непосредственной коммуникации субъектов труда, их основные и вспомогательные рабочие позы. Описание должно быть проиллюстрировано схемами размещения оборудования, контрольных приборов и органов управления на индивидуальных рабочих местах, а также схемами размещения индивидуальных рабочих мест и средств коллективного использования на коллективном рабочем месте. Все эти и другие характеристики, связанные с эргономичностью, должны использоваться при паспортизации, аттестации и рационализации рабочих мест.

К условиям труда прежде всего относятся физические параметры производственной среды на рабочем месте — так называемый микроклимат. Но сюда же должны быть включены климатические и вообще экологические особенности окружающей среды. К условиям труда относятся и организационные характеристики труда — особенности разделения и кооперирования, распределения функций между людьми, людьми и автоматами, особенности подчинения и руководства, межличностных отношений, т. е. так называемый психологический климат. Сюда же должны быть включены такие характеристики организации труда, как уместность и своевременность поступления и расхода материальных, энергетических, информационных и кадровых ресурсов, квалификация кадров, особенности трудового воспитания, профессиональной подготовки, стимулирования кадров, а также особенности процесса труда с точки зрения его содержательности, напряженности, опасности, монотонности и т. п.

Эргономическое описание должно отражать по возможности все основные для конкретного труда перечисленные особенности условий труда, причем отражать в соотношении с установленными нормами — гигиеническими и экологическими, психофизиологическими и социально-психологическими, научно-организационными и по технике безопасности, инженерно-психологическими, технико-технологическими и по психологии труда в особых условиях. Хотя круг условий в общем виде трудно представить с большой четкостью, в конкретном эргономическом описании следует стремиться к определенному и достаточно полному отражению условий труда.

Эргономическое описание процесса труда. Процесс трудовой деятельности представляет собой осуществляющееся в пространстве и во времени и повторяющееся взаимодействие работающих людей между собой, с орудиями и предметом труда сообразно технологии и флюктуациям условий труда. В этой связи процесс труда является иерархической полиструктурой, имеющей содержательные, логические, пространственные, временные и частотные (стохастические) структурные компоненты, которые и должны быть отражены в эргономическом описа-

нии. Причем описание должно подробно отвечать на вопросы: кем, какая работа, зачем, как, где и когда, за какое время, при каких условиях и как часто выполняется? Последовательность ответов на эти вопросы может быть не единственной.

Так, можно сначала привести описание состава и функций первичного трудового коллектива в целом, а затем функций его членов по отдельности. После этого перечисляются задачи, решаемые коллективом и каждым его членом индивидуальным или коллективным способом, и приводятся описания задач. Потом характеризуются режимы работы: пуск и останов, внеплановый и планово-предупредительный ремонт оборудования, нормальный, аварийный и т. п. Наконец приводятся распределения задач по режимам работы, этих режимов за длительный период, логические и пространственные схемы взаимосвязей задач и режимов, распределения частот задач и режимов, а также затрат времени на решение задач и на работу в каждом режиме. Подробнее см. в [21].

В описание каждой задачи должны войти все характеристические структурные компоненты процесса труда: содержание, логика, пространственные, временные и частотные характеристики. Поэтому должны быть приведены: 1) исходные условия и данные о начальных состояниях предмета труда, промежуточные и конечные, верные и ошибочные результаты; 2) множество инструментальных и органолептических действий над исходными данными и промежуточными результатами; 3) множество последовательностей из таких действий, образующих допустимые, а также ошибочные способы решения задачи, т. е. способы, приводящие к верным конечным результатам или к браку, травмам, авариям и т. п.; 4) частоты встречаемости каждого из способов в повторяющихся решениях данной задачи; 5) частоты встречаемости задачи в процессе труда; 6) распределения, — или, по меньшей мере, оценки математического ожидания и дисперсии, — затрат времени на решение задачи в целом, на каждый из способов решения, а также по возможности на входящие в состав способов основные и вспомогательные действия и взаимодействия субъектов труда; 7) схемы пространственных позиций и рабочих поз, движений и перемещений субъекта на рабочем месте в процессе решения задачи с указанием частоты этих поз и позиций, движений, перемещений.

Эргономист должен помнить, что каждая задача имеет немало способов решения, среди которых могут быть эквивалентные, а также более или менее эффективные по трудоемкости, напряженности, экономичности, надежности и другим характеристикам эффективности труда. Применение разных способов решения трудовых задач людьми связано как с индивидуальным стилем деятельности, так и с конкретными успехами и неудачами в этой деятельности. В эргономическом описании по-

этому нельзя ограничиваться описанием одного какого-нибудь, например предписанного технологическим регламентом, способа решения трудовой задачи. Необходимо выявлять и приводить другие допустимые и, что особенно важно, недопустимые, ведущие к браку, авариям, травмам, поломкам и т. п. способы действий. Недопустимым способам, во избежание последствий, необходимо учить на тренажерах и моделях при профессиональной подготовке наряду с допустимыми.

Каждый из способов должен быть алгоритмизован. Тогда по множеству способов можно синтезировать модель вариативного алгоритма, в том числе стохастического, и записать эту алгоритмическую модель решения задачи в виде графа или матрицы с необходимыми содержательными пояснениями (см. [17, 25]). По таким моделям могут быть построены модели алгоритмических структур отдельных режимов работы, индивидуальных и коллективных компонентов процесса трудовой деятельности [21], которые с соответствующими содержательными пояснениями следует включить в эргономическое описание процесса труда.

При эргономическом проектировании новой деятельности целесообразно начинать ее описание с отдельных задач, решения которых можно алгоритмизовать в информационной и параметрической форме. Синтезируя и анализируя эти алгоритмы, можно обоснованно разрабатывать и оценивать предложения по распределению функций между человеком и автоматикой, по разделению чрезмерно трудоемких функций между исполнителями в первичном коллективе. Таким образом, описание состава, функций, структуры взаимодействий коллективного субъекта труда, а также степени и особенностей автоматизации или механизации труда оказывается производным от эргономического описания процесса труда в виде последовательности решаемых задач, возможных в данной трудовой деятельности. Совокупность таких задач, вообще говоря, представляет собой «нечеткое» множество. В эргономическом описании его заменяют четким приближением, которое может и должно все более уточняться по мере накопления опыта эксплуатации человеко-технической системы.

Эргономическое описание субъекта труда. Субъектом труда может быть отдельный работник или коллектив — первичный, вторичный и т. д. Первичный коллектив (звено, экипаж, бригада и т. п.) сейчас является основным субъектом труда. Его эргономическое описание должно содержать отображение функций первичного коллектива в целом и функций каждого члена в отдельности. Так как все функции реализуются путем решения коллективных и индивидуальных задач, то эти задачи должны быть сопоставлены отдельным работникам и группам работников первичного коллектива. При этом должны быть отражены подчинение и соподчинение работников, их функцио-

нальные, т. е. деловые, взаимодействия в ходе работы, общая загруженность, частотные, временные и пространственные характеристики и структуры взаимодействий. Для этого в эргономическом описании следует использовать сетевые графики и планы коллективного рабочего места с изображением пространственной структуры взаимодействий (рис. 2), сопровождаемые содержательными пояснениями и количественными данными.

В эргономическом описании субъекта труда важное место принадлежит социально- и индивидуально-психологическим особенностям первичного коллектива и его членов. К числу первых относятся социальные потребности, групповые мотивы, цели и ожидания коллектива в целом, межличностные отноше-

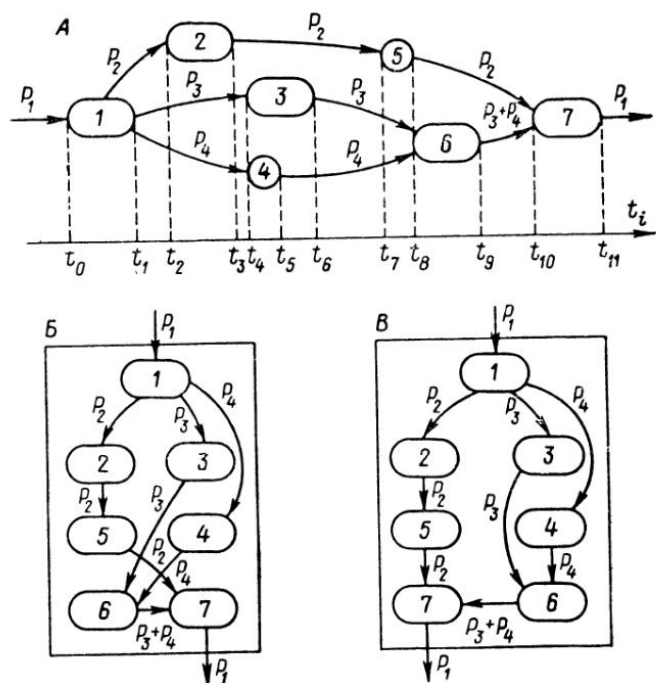


Рис. 2. Сетевой график (А) и пространственные структуры функциональных взаимодействий (Б, В) первичного трудового коллектива из семи членов. 1 — «звеньевой»; 2—6 — «сборщики»; 7 — «контролер». P_1 — вероятность работы данного коллектива в составе вторичного коллектива; P_2 , P_3 и P_4 , P_3+P_4 — вероятности взаимодействий, т. е. совместной и зависимой работы, членов коллектива, $P_1 = P_2+P_3+P_4$; $t_1 \dots t_{11}$ — моменты времени, в среднем характеризующие начала и концы индивидуальных работ и взаимодействий (t_1-t_0 — средние затраты времени на работу «звеньевой», t_1-t_1 — средние затраты времени на взаимодействия «звеньевой» и третьего «сборщика» и т. д.). Б — взаимодействия в пространстве коллективного рабочего места перекрещиваются и «мешают» друг другу. В — перестановка двух индивидуальных мест обеспечивает более близкие и «не мешающие» друг другу взаимодействия, пространственная структура взаимодействий более эффективна.

ния и ролевые позиции, в том числе неформальные, его членов, социально-психологический климат в коллективе, а также профессиональный уровень и широта коллектива, обеспечивающие взаимозаменяемость его членов, возможный творческий характер выполняемой работы, интеллектуальный потенциал и другие социально-психологические и связанные с ними социальные и экономические характеристики коллектива.

К числу индивидуально-психологических особенностей членов коллектива относятся личные потребности в труде и его результатах, личные трудовые и профессиональные мотивы и цели, ожидания, склонности и характерологические свойства, уровень и широта квалификации, профессионально-важные и противопоказанные свойства, конкретные профессиональные знания и умения, навыки, в том числе в решении коллективных задач, в способах взаимодействий, особенности индивидуального стиля трудовой деятельности, индивидуальной производительности и т. д. Индивидуальные особенности должны быть соотнесены с коллективными.

В эргономическом описании всех указанных или иных особенностей субъекта труда должны находить отражение, с одной стороны, реальные свойства субъектов существующей трудовой деятельности, а с другой, — те требования, которым должен удовлетворять субъект новой, проектируемой трудовой деятельности. В целях профориентации, профотбора и профобучения нужны не только «позитивные», но и «негативные» модели, т. е. описания черт субъекта, заведомо или вероятно непригодных для данного вида труда.

Учитывая социально-экономический характер труда, социально- и индивидуально-психологическую обусловленность производительности, экономичности и качества труда, необходимо подчеркнуть, что для эффективизации труда, управления трудовой деятельностью существенное значение имеют формирование коммунистического отношения к труду — адекватных личных потребностей, направленности и склонности к труду, трудовой мотивации, — с одной стороны, и формирование практических состояний человека как субъекта труда, с другой стороны.

2.3. ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРУДА ЧЕЛОВЕКА В СЧТ

Труд, как известно, имеет исключительное значение в возникновении, существовании и развитии человеческого общества, вся история которого, по словам К. Маркса, «есть не что иное, как образование человека человеческим трудом...»².

Под трудом понимается целесообразная деятельность людей, содержание которой составляет освоение природных и со-

² Там же. Т. 42. С. 126.

циальных сил для удовлетворения исторически сложившихся потребностей человека и общества. Процесс труда, как отмечалось выше, включает три момента: человека как субъекта труда, предметы труда и орудия труда.

Эргономист изучает и дает рекомендации инженерам по организации характера труда человека в СЧТС, т. е. по научно обоснованному соединению человека со средствами труда: техническим оборудованием, приборами, инструментами, средствами отображения информации и др. Кроме того, эргономист принимает участие в изучении и проектировании соединения человека с предметом труда, т. е. в формировании содержания труда человека в СЧТС. Обеспечивая формирование характера и содержания труда человека, соответствующих современному уровню развития производительных сил и производственных отношений, эргономист тем самым способствует изменению социально-экономического положения работника, интеллектуальному и психическому развитию человека. Выполняя свои функции по научно обоснованному формированию содержания и характера труда, эргономист дополняет основную работу по созданию СЧТС инженеров-конструкторов и проектировщиков, соединяющих научно-техническими средствами предмет и орудия труда.

Труд представляет собой расходование человеком своей рабочей силы в особой, целесообразной, форме для преобразования предметов труда, которыми является все то, что изыскивается, добывается, обрабатывается, формируется, т. е. материальные ресурсы, научные знания, человеческое общество и т. д. Многообразное содержание труда обуславливает распределение функций между людьми, обрабатывающими предметы труда.

Этими функциями являются: методологическая, заключающаяся в применении и развитии методов познания, в основе которых лежат объективные законы природы и общества; идеологическая, направленная на создание системы политических, правовых, нравственных, эстетических, философских взглядов и идей, распространяемых через печать и публичные выступления; воспитательная, нацеленная на подготовку людей к выполнению задач социального и экономического характера путем целенаправленного воздействия на них, обеспечивающего формирование их личности в нужном направлении; направляющая, состоящая в организации планов и программ ускорения социально-экономического развития страны за счет привлечения к их выполнению всех членов общества; планирующая, состоящая в опережающем постижении развития объективных явлений на основе научности познания, обсуждения и проверки динамики развития событий; информационная, заключающаяся в пропаганде взглядов людей, планов, методов их реализации, их основных положений через средства массовой информации,

систему образования, культуру; управленческая, состоящая в реализации планов и директив вышестоящих органов в пределах своих прав и обязанностей; исполнительская, представляющая точное исполнение должностных инструкций, юридических прав, технологии работы, уставных требований.

Таким образом, предмет и содержание труда определяют требования к способностям, специальной подготовке, культуре работника, обеспечивают уровень комфорта условий труда, престижность профессии, возможности для самоутверждения труженика.

В качестве проводника воздействий человека на предмет труда служат средства труда — вещь или комплекс вещей, которые человек помещает между собой и предметом труда. Размеры и своеобразие расходования рабочей силы, зависящие от параметров оборудования, факторов внешней среды, технологического процесса, определяют характер труда. Расходование человеком рабочей силы в больших количествах находит отражение в развитии отрицательных практических состояний: высокого уровня утомления работника, эмоционального стресса, повышенной психической напряженности, тревожности, апатии, индифферентного состояния, состояния отсутствия мотивации.

Средства и характер труда определяют требования к продолжительности и интенсивности работы, вероятность ошибок человека, аварий, травм, эффективность труда. Характер труда предъявляет жесткие требования к способности человека расходовать в необходимых количествах рабочую силу, быть устойчивым к развитию отрицательных практических состояний, сохранять в этих состояниях высокую работоспособность и надежность. Неправильное проектирование характера труда может привести к недопустимым размерам расходования рабочей силы в физиологическом смысле и снижению безопасности и эффективности всей СЧТС.

Третьим моментом труда является человек, обладающий определенным производительным опытом, навыками к труду и приводящий средства производства в действие. Таким образом, в труде представлены, с одной стороны, вещные средства производства, объективные условия производства, с другой, — действующая рабочая сила, субъективные условия производства.³

Особенность проектирования в условиях научно-технического прогресса содержания и характера труда по возможности, степени готовности к труду человека заключается в том, что автоматизация не подчинила человека технике, не отобрала у него активной роли в современном производстве. Цена работника в прямом и переносном смысле возрастает быстрее,

³ См. там же. Т. 49. С. 36.

нежели цена техники. Это объясняется тем, что темпы смены новых поколений техники ныне опережают темпы смены поколений работников. Оборудование морально устаревает и заменяется новым, человек остается и должен обладать качествами, необходимыми для освоения нового поколения оборудования. Поэтому затраты на подготовку работника, накопленные издержки на образование сопоставимы со стоимостью производственных фондов. Человек является главным богатством общества не только в социально-философском, гуманистическом плане и по моральным критериям, но и в экономическом измерении. В таких условиях взаимная адаптация человека и средств производства становится обязательной.

При этом эргономист должен помнить, что по содержанию труд как расходование рабочей силы человеком в целесообразной форме представляет собой конкретный полезный труд, создающий потребительную стоимость. По характеру же труд как расходование человеческой рабочей силы в физиологическом смысле является одинаковым, или абстрактным, трудом, образующим стоимость. Поэтому, участвуя в проектировании содержания и характера труда в СЧТС, эргономист существенно влияет на решение как экономических, так и социальных вопросов.

Способность эргономиста решить эти вопросы во многом определяется тем, насколько он владеет: а) методами побуждения человека к эффективному труду вообще, которые необходимо использовать при создании СЧТС; б) закономерностями оптимизации трудовых затрат человека, применимых в СЧТС; в) средствами достижения удовлетворенности человека своим трудом, к которой необходимо стремиться при создании СЧТС; г) методами взаимного приспособления человека и технических устройств в СЧТС. Эргономист должен тщательно проанализировать факторы человеческого труда (см. схему), которые могут оказать решающее влияние на безопасность, эффективность и комфорт СЧТС.

Формирование побуждения к эффективному труду. Первым фактором эффективного труда является степень развитости у работника *потребности в труде* (см. схему). Эта потребность, как подчеркивал К. Маркс, зиждется на естественной основе, ибо диктуется самой природой: здоровый организм нуждается

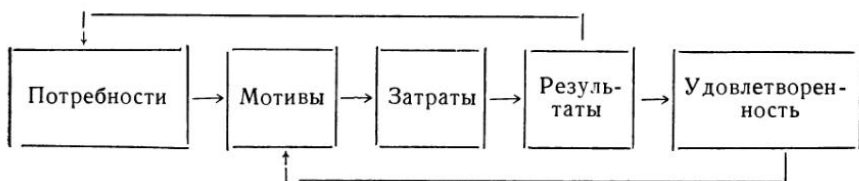


Схема психологической макроструктуры труда.

в нормальной порции труда и в прекращении покоя.⁴ Потребность в труде не менее существенна и реальна, нежели потребности в воде, пище, информации, но принципиально отличается от них, ибо представляет собой не стремление получить что-либо извне, присвоить материальные или эстетические блага, а, наоборот, потребность в расходовании своих сил, самореализации, самоосуществлении человека через тот специфический вид активности, на котором строится конкретный вид труда. Известно, что по своей природе люди делятся на быстрых и медленных, общительных и необщительных, предпочитающих рисковать или избегать риска и т. д., и т. п. Очень важно, чтобы наиболее характерная для конкретного человека черта, обнаруживающаяся в форме какой-либо активности, реализовывалась в соответствующей профессии и проявлялась как потребность в труде. Это имеет огромное значение не только для проектирования труда в СЧТС, профессиональной консультации, профотбора, но и для решения социальных проблем.

В истории развития труда, в которой марксизм видит ключ к пониманию истории общественного развития, потребность в труде претерпела определенную эволюцию. Из важнейшей естественной предпосылки жизни, главного источника средств к существованию и общественного богатства труд превращается в основной способ самовыражения человека, развития его творческих потенций. Короче говоря, из внешней объективной необходимости труд превращается во внутреннюю потребность, а в дальнейшем должен стать первой и важнейшей жизненной потребностью каждого человека.

Показателем такого превращения может служить, например, преобладание времени труда по потребности над временем труда по необходимости в течение рабочего дня. По данным Института социологических исследований АН СССР, на первом месте по времени проявления потребности в труде в течение рабочего дня стоят инженерно-технические и научные работники (5,3 ч в день), на втором — рабочие промышленных предприятий (4,91 ч в день). Монотонный, простой по содержанию, неквалифицированный умственный труд столь же мало способствует утверждению внутренней привычки трудиться по потребности, как и тяжелый, малоквалифицированный физический труд. Об этом свидетельствует близость показателей времени труда по потребности у служащих (4,19 ч в день) и сельскохозяйственных рабочих (4,29 ч в день). Деление рабочего дня в современных условиях на время труда по потребности и время труда по необходимости связано как с объективной, так и с субъективными причинами.

Объективной причиной служит невозможность при достигнутом уровне развития и организации производства ограни-

⁴ См. там же. Т. 46. Ч. II. С. 109.

читься той нормой рабочего времени, когда люди работают по потребности. Субъективными причинами служат быстрая утомляемость, отсутствие интереса к самому процессу или виду труда, низкая сознательность отдельных работников и потребительские настроения, слабое развитие потребности в труде у многих работников или даже ее отсутствие у известной части членов общества. Эргономист, проектируя деятельность человека-оператора, должен уменьшать влияние субъективных причин, способствовать развитию потребности в труде, вышедшей из зависимости от всех других интересов, кроме интереса к самому труду как высшей ступени в духовной жизни человека, на которой он отдает себя служению идеалу. Труд в СЧТС должен обладать возможно большей притягательностью для человека-оператора за счет использования в его содержании и характере элементов естественной, природной активности человека, позволяющей актуализироваться его способностям и особенностям.

Вторым исключительно сложным и важным фактором человеческого труда являются *мотивы* (см. схему), *побуждения к труду* вообще и к труду в той конкретной СЧТС в частности, в проектировании которой участвует эргономист. Работник в процессе труда, указывал К. Маркс, осуществляет свою сознательную цель, которая как закон определяет способ и характер его действий и которой он должен подчинить свою волю.⁵ Побуждения, вызывающие трудовую активность человека и определяющие ее направленность, задаются всем предыдущим ходом его воспитания и обучения, культурного и нравственного развития.

Формирование цели труда человека сложно: у всякого труда есть высший уровень цели — та нравственная проблема, решению которой может содействовать труд (направленность на защиту людей от страданий голода, холода, болезней, несправедливости, экологических катастроф и др.); промежуточный уровень — стремление к достижению конкретной положительной цели (участие в обеспечении людей электроэнергией, продовольствием, медицинской помощью, знаниями и пр.); низший уровень — проблема поиска и выбора средств достижения цели (приобретение и использование знаний, умений, навыков по труду в конкретных СЧТС, обеспечивающих энергетику, транспорт, производство, средства информации и т. д.). Проектирование содержания труда должно учитывать не только знания, умения, навыки работника, поскольку главной целью СЧТС является не только ее функционирование, но и включение человека в достижение более высоких уровней цели как полноправного, активного, творческого участника коллективного решения крупной проблемы. В таком случае, если производится

⁵ См. там же. С. 110.

замена техники устаревшего поколения техникой нового поколения и одновременно старые характер и содержание труда заменяются новыми, то это не вызовет явлений типа, например, «психологического барьера», потому что цели в данном случае подчиняются и содержание и характер труда, и воля работника.

Проблема мотивации к труду является одной из самых сложных и старых в истории человечества и нуждается в систематическом изучении и совершенствовании. Еще Томас Мор, размышляя о стимулах к труду в обществе, где будет господствовать коллективная собственность, задавался вопросом: каким образом может получиться изобилие продуктов, если, с одной стороны, каждый станет уклоняться от работы, поскольку к ней не вынуждает расчет на личную прибыль, а с другой стороны, твердая надежда на чужой труд даст возможность лениться? К настоящему времени сложились две линии мотивации к труду: принуждения в условиях капиталистического способа производства и побуждения в социалистическом обществе.

Крупнейшими представителями линии принуждения к труду были Ф. Тейлор, Г. Форд, Э. Мэйо, Д. Макгрегор, Ф. Херцбергер. Первой попыткой решить вопрос мотивации к труду в этом плане стала тейлоровская система научной организации управления предприятиями, основанная на исследовании конкретного труда. Ф. Тейлор исходил из того, что «если наше расточительное использование природных богатств очевидно, то мы мало замечаем и лишь неясно себе представляем гораздо большее расточительство человеческого труда в результате повседневной неразумной, плохой его организации и слабого изучения».⁶ В 1895 г. он создал метод нормирования труда, который заключался в хронометражных наблюдениях и измерении рабочего времени, необходимого для выполнения отдельных элементов и операций, в группах рабочих с самой различной производительностью труда. Для каждого элемента операции выбирались такие трудовые движения, которые можно выполнить в «нормальное», т. е. максимально короткое, время. Для каждой работы устанавливался образцовый метод, единственный и наилучший.

Система организации управления Ф. Тейлора основывалась на: а) отделении умственного труда, связанного с организацией и управлением, от труда физического; б) освобождении рабочих от всех других функций, кроме непосредственно исполнительских, и передаче организационных и управленческих функций, требующих умственного труда, работникам управленческого аппарата; в) стимулировании максимальной производительности рабочих при помощи дифференцированной

⁶ Цит. по: Кутта Ф. Резервы роста производительности труда. М., 1962. С. 206.

сдельной оплаты, в основе которой лежала степень выполнения или перевыполнения прогрессивной нормы

Реализация на практике системы Тейлора, получившей название потогонной и нацеленной на максимальное использование резервов рабочего времени путем максимальной интенсификации труда, вызвала мощный протест рабочего класса в Европе и США в 1910—1913 гг. На опасность системы Тейлора с точки зрения физиологии и психологии обращалось внимание в статьях тех лет, выходивших под характерными заголовками: «Человек-инструмент, или метод Тейлора» (1913), «Нужно расширить кладбище в Булони» (1913) и т. д.

Другой буржуазный теоретик и практик принудительной мотивации к труду Г. Форд (1919 г.) построил свою доктрину «на гармонии» между производством и потреблением. Он сформулировал ее следующим образом: 1. Производство определяет спрос. 2. Спрос поддерживает производство, причем массовое производство требует и массового потребления. 3. Поэтому нужно продавать «рабочей массе», которая должна стать зажиточной, чтобы иметь возможность покупать. 4. Зажиточной «рабочая масса» может стать лишь в том случае, если установить высокую заработную плату и низкие цены, а этого можно достичь только на базе массового, непрерывного производства с минимальными издержками, основанного на постоянно совершенствующейся технике. 5. Научно-технический прогресс — важный стимул потребления и одновременно средство его удовлетворения.

На практике Г. Форд исходил из того, что средний работник, по его мнению, ищет работу, при которой он не должен напрягаться ни физически, ни особенно духовно. В соответствии с этим Форд довел метод Тейлора до высших пределов интенсификации, утверждая, что главным требованием при использовании принципов поточного производства является максимальное сокращение потребности мыслить и ограничение числа движений рабочих до минимума. Рабочий должен по возможности выполнять единственную работу единственным движением. Разумеется, это вело к массовой деквалификации и деградации трудящихся. Рост же машинного парка, совершенствование технологического процесса потребовали творческого, новаторского отношения рабочих к труду. Форд был вынужден ввести учет рационализаторских предложений и поощрительную систему оплаты труда.

Внедрение систем Тейлора и Форда привело к гигантским потерям, обусловленным игнорированием человеческого фактора. Исследование комиссии Гувера в 1921 г. показало, что в США средняя текучесть кадров составила 160%, а максимальная — 336%. Минимальные потери, вызванные текучестью кадров, только в металлообрабатывающей промышленности достигли суммы в 100 млн. долл. Экономические потери от бо-

лезней оценивались в 1500 млн. долл. Главной причиной травм, которые принесли годовые потери в 31 605 тыс. долл., пришлось признать утомление. В то же время, как установила комиссия, снижение нервного напряжения на производстве могло предотвратить до 75 % увечий, что означало бы прибыль в 1 671 760 тыс. долл.

Анализируя эти факты, Э. Мэйо в 1927 г. пришел к выводу, что тейлоровскую деспотическую иерархию начальников и подчиненных надо заменить заботливым руководством и взаимодействием с трудящимися, децентрализацией полномочий, допуском рабочих к обсуждению проблем управления с правом совещательного голоса. Он создал теорию «человеческих отношений на производстве», использующую исключительно моральные стимулы, отрицающую закономерность классовой борьбы: искусное манипулирование «человеческим фактором», считает Э. Мэйо, может повысить производительность труда за счет скрытых морально-психологических резервов, если применять не приказы, а соответствующую мотивацию. При этом рабочему внушается, что он «социальный партнер», «сотрудник», член заводского «коллектива» (или «команды»), заинтересованный в успехе капиталистического предприятия ничуть не меньше хозяев.

Развивая идеи Э. Мэйо, профессор Массачусетского технологического института Д. Макгрегор создал в начале 60-х годов учение о стилях обращения с подчиненными, которое называется также «теорией управления через соучастие». Как указывал Макгрегор, почти все предприниматели исходят из того, что человек по натуре ленив и не хочет нести никакой ответственности, что людей надо подгонять, грозя наказаниями и лишениями. Такой стиль порождает у подчиненных страх и апатию, а иногда и агрессию. Макгрегор противопоставил этой точке зрения другую: люди от природы не ленивы, им нравится привлекательная работа, они хотят самостоятельности. Труд — столь же нормальная потребность человека, как игра или отдых. При надлежащем обращении рабочий проявляет инициативу и изобретательность. Сторонники Макгрегора ссылались на эксперименты, показавшие, что люди работают лучше там, «где ориентируются на людей, а не просто на выход продукции».

Критики Макгрегора и Мэйо отмечали, что их теории игнорируют содержание труда, оставляют неизменной его технологию — конвейерную систему. Забастовки 1972 г. в США и свидетельствовали о растущем недовольстве молодых образованных рабочих этой системой и всей идеей сведения производства к простым повторяющимся операциям.

Попытку изменить технологию предпринял американский психолог Ф. Херцбергер, который разработал теорию «обогащения труда», заключающуюся в создании «самоуправляю-

щихся рабочих групп», «укрупнении операций», включении в труд элементов инициативы, ответственности, самостоятельного выбора и таким образом в придании труду большей привлекательности. Работа по этой теории как бы «бросает вызов» рабочему, мобилизует его творческие силы на решение производственных задач, развивает трудовой азарт, вызывает гордость за свою работу, «эффект сопричастности» к делам фирмы. Однако подход Херцбергера вошел в противоречие с технологией и экономикой капиталистического производства. Эксперимент по замене конвейера «групповой сборкой» не удался, и организаторы производства расценили теорию «обогащения труда» как шарлатанство, нарушающее принципы научного руководства.

В общем, теории Мэйо — Макгрегора — Херцбергера мало повлияли на практику и являются примерами демагогии, формы идейного воздействия на рабочих в условиях капиталистического способа производства.

Вторая линия — побуждение к труду — начала развиваться в СССР после Великой Октябрьской социалистической революции. Принципиальные особенности и способы стимулирования труда в социалистическом обществе были сформулированы в резолюции XI съезда партии, состоявшегося в 1922 г. «Каждый социальный строй (рабский, крепостной, капиталистический), — отмечалось в ней, — имел свои методы и приемы трудового принуждения и трудового воспитания в интересах эксплуататорских верхов. Перед советским строем в полном объеме стоит задача развить свои собственные методы воздействия с целью повышения интенсивности и целесообразности труда на основе обобществленного хозяйства в интересах народа. Наряду с агитационно-идейным воздействием на трудящиеся массы и с репрессиями по отношению к заведомым бездельникам, паразитам, дезорганизаторам могущественной силой подъема производительности труда является соревнование...»⁷

Таким образом, главное средство стимулирования трудовой активности в условиях социализма В. И. Ленин и партия видели в соревновании. Чтобы организовать соревнование, необходимо создать условия, при которых работники выступали бы по отношению друг к другу как соперники в труде и сознательно регулировали эти условия, что даст возможность осуществлять соревнование «в его не зверских, а в человеческих формах»⁸. Эти условия возникнут, если постоянно проводить «сравнение деловых итогов хозяйства отдельных коммун»⁹ и немедленно вознаграждать выдающиеся коммуны, писал

⁷ КПСС в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК. М., 1983. Т. 2. С. 244.

⁸ Ленин В. И. Полн. собр. соч. Т. 36. С. 151.

⁹ Там же. С. 192.

В. И. Ленин еще в 1918 г. Итак, чтобы проявился эффект соперничества, необходимо сравнивать и вознаграждать.

Практика социалистического хозяйствования в вопросах стимулирования труда выработала два подхода. Первый из них — это принцип оплаты труда в зависимости от выполнения установленных норм выработки, норм обслуживания, управления и т. п. Такой порядок распределения имеет несомненные положительные стороны, но в то же время вызывает заинтересованность работников в низкой исходной базе норм и нормативов и незаинтересованность в проведении организационно-технических мероприятий, которые могли бы повлечь за собой их пересмотр. Кроме того, технически обоснованные нормы в подавляющем большинстве случаев не отражают действительно необходимых затрат времени, они просто подогнаны под существующий или запланированный уровень заработной платы. Применяемый в настоящее время коэффициент трудового участия поможет решить часть вопросов, но он не затрагивает принципа сдельщины, которая, будь она коллективной или индивидуальной, имеет общие недостатки.

Второй подход связан с развитием хозрасчетных принципов стимулирования труда. Суть хозрасчета состоит в том, что, продавая свою продукцию по установленным ценам, предприятие получает прибыль, из которой образуются фонды поощрения коллектива. На практике же предприятия пытаются: необоснованно увеличивать цены на свою продукцию; наращивать прибыль за счет номенклатурных сдвигов, ведущих к увеличению удельного веса в общем объеме продукции наиболее прибыльных изделий в ущерб выполнению договорных обязательств; снижать себестоимость продукции за счет несоблюдения технологии и ухудшения качества изделий.

Современный этап социалистического строительства выявил недостаточность обоих подходов мотивации к труду. В «Материалах XXVII съезда КПСС» и последующих партийных документах указано на недопустимость отступления от основного принципа социализма «От каждого — по способностям, каждому — по труду» и поставлена задача преодоления затратного способа хозяйствования, порождавшего безответственность, расшатывавшего нравственное содержание труда. Критерии трудовых отношений должны основываться на самофинансировании, самоокупаемости и самоуправлении, что приведет к повышению культуры труда и решению вопросов его мотивации. Для этого должна быть резко поднята стимулирующая роль заработной платы, укреплена прямая зависимость ее от конечных результатов работы.

Но совершенствование заработной платы, осуществляемое экономистами и руководителями производства, является не единственным путем соблюдения основного принципа социализма. Каждый работник должен быть ориентирован на та-

кой уровень целей, достижение которых в силу их высокой нравственной и гражданской значимости приобретет для него личную ценность.

Одним из самых сильных побуждений к труду, как писал А. С. Макаренко, является важность замысла этого труда, возможность сочетания усилий разума и рук. Чем значительнее замысел, тем с большим интересом выполняется самая простая работа. Овладение мастерством, исследование, экспериментирование, использование данных науки в труде — все это осознается и переживается человеком как моральное достоинство. И в этом плане важная роль принадлежит эргономисту, проектирующему содержание и характер труда в СЧТС.

Оптимизация расходования рабочей силы. Третий фактор человеческого труда, определяющий качество персонала СЧТС, заключается в способности людей производить *трудо-вые затраты* (см. схему) в размерах, которых требует работа, сохраняя при этом работоспособность и надежность. Потребление рабочей силы, по определению К. Маркса, — это и есть сам труд. Кроме напряжения тех органов, которыми выполняется труд, в течение всего времени труда рабочему необходима целесообразная воля, выражающаяся во внимании, и притом необходима тем более, чем меньше труд увлекает своим содержанием и способом исполнения, т. е. чем меньше рабочий наслаждается трудом как игрой физических и интеллектуальных сил.¹⁰

Любой труд заключается в расходе рабочей силы в физиологическом смысле. Стремясь достигнуть нравственно, социально и материально значимую цель, работник вынужден подчинять ей характер и содержание своего труда, преодолевая при этом субъективно «трудные» практические состояния, являющиеся результатом расходования рабочей силы. Причем замена ручного труда механизированным, а механизированного — автоматизированными системами может понизить физическую тяжесть труда, но не может устранить его психологическую трудность. Синонимом труда, даже в самых совершенных автоматизированных системах, даже творческого труда, является слово «трудно».

В качестве иллюстрации этого можно было бы привести множество высказываний ученых, писателей, художников. Так, всем известно определение Т. Эдисона таланта в науке как 1% вдохновения и 99% тяжелого труда. Ч. Дарвин считал, что самым важным качеством, которое привело его к успеху, было безграничное терпение при долгом обдумывании любого вопроса. Математик К. Гаусс утверждал, что он отличается от других людей только прилежанием, а К. Якоби признавался, что своими познаниями он обязан тяжелому, упорному

¹⁰ См.: Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 46. Ч. II. С. 110.

труду. Громадные эмоциональные затраты, которых требует литературный труд, побудили М. Е. Салтыкова-Щедрина воскликнуть: «Ах, это писательское ремесло! Это не только мука, но целый душевный ад...» Г. Флобер же, например, писал: «...Груда очищенных перьев на моем столе представляется иногда кустом терновника с огромными шипами, и немало крови пролил я на эти кустики».

Итак, защитить субъекта труда от необходимости растрачивать себя в процессе труда невозможно. Это значило бы защитить его от труда. Труд занимает большую часть жизнедеятельности трудящегося человека, поглощает его энергию, интеллектуальные и духовные силы, дает адекватную информацию о его месте в природе и обществе, определяет меру и качество всех духовных и материальных благ, которые он получает. Расходование рабочей силы в процессе труда переживается человеком как то или иное отрицательное практическое состояние. Будучи одинаково трудными, практические состояния различаются по вызывающим их причинам и по особенностям их переживания субъектом труда. Эргономист, проектирующий содержание и характер труда в СЧТС, должен предвидеть тип практического состояния, которое определяется ситуацией в СЧТС, и искать способы его снижения до приемлемого уровня.

В русском языке существует 187 терминов, характеризующих психические состояния, возникающие в самых разнообразных ситуациях и по различным поводам. Эргономиста интересуют те из них, которые являются следствием качества организации труда человека-оператора в СЧТС, следствием обеспечения его информацией, средствами управления и интенсивности воздействия на него факторов внешней среды, иначе говоря, результатом особенности ситуации в СЧТС.

Под особенностями ситуации в СЧТС понимается система условий, способствующих или затрудняющих выполнение человеком-оператором поставленных перед ним задач. Это не противоречит определению состояния Н. Д. Левитовым как целостной характеристики психической деятельности и поведения за определенный период времени, показывающей своеобразие психических процессов в зависимости от отражаемых предметов и явлений действительности, предшествующих состояний и психических свойств личности. Данное определение устанавливает три типа законов: 1) законы связей между состояниями различных физиологических систем человека и внешними их проявлениями, 2) законы связей состояний в последовательные моменты времени, 3) законы связей состояния человека и внешних условий.

Первый тип законов, отражающий связи поведенческих проявлений психических состояний и состояний физиологических систем, надежно исследован и послужил основой для

разработки методик регистрации кожно-гальванической реакции, частоты сердечных сокращений, диаметра зрачка и пр. Второй тип законов характеризует зависимость каждого текущего состояния от предыдущего и ожидаемого последующего. Этот тип связей лежит в основе методик оценки таких свойств нервной системы, как сила, лабильность, динамичность, и дает возможность предсказать поведение человека в зависимости от особенностей его высшей нервной деятельности. Первые два типа законов определяются психофизиологическими особенностями человека. На них базируются известные методики психодиагностики, используемой при профотборе, прогнозе поведения людей в различных условиях. Третий тип законов описывает возникновение и развитие отрицательных практических состояний в результате воздействия реальных условий, определяющих объективную возможность достижения цели, к которой стремится работник.

Для эргономиста существенны два способа анализа условий труда человека.

Первый способ основывается на том, что любая деятельность характеризуется осознанностью цели, наличием средств ее достижения и результатом труда. Целью человека в СЧТС являются получение продукта, выполнение транспортных или других задач и обеспечение при этом полной безопасности связанных с СЧТС людей. Средствами достижения цели служат техника, энергия, информация в объеме, необходимом для беспрепятственной работы. Результат труда человека в СЧТС должен соответствовать цели, для достижения которой СЧТС предназначена. Результат должен иметь заданные уровни качества и затрат на него и должен быть получен в установленное время.

В идеальном случае человек-оператор располагает всем необходимым (цель — средство — результат) для быстрого и успешного выполнения своих функций и находится в состоянии функционального комфорта (табл. 2). В большинстве же случаев он вынужден: 1) самостоятельно формулировать конкретную цель своих действий в данных условиях, находить ее в должностных или технических инструкциях, получать ее от руководителей, лично принимать ответственные решения; 2) вести самостоятельный поиск средств деятельности, «конструировать» их или «реконструировать» имеющиеся оборудование, знания, информацию применительно к обстановке в СЧТС; 3) добиваться положительного результата сколько угодно долго, прилагая для этого большие усилия, работать в условиях дефицита информации об итогах своей работы и даже о назначении своих действий. Разнообразные ситуации, которые возникают в этих условиях, продуцируют соответствующие им психические состояния (см. табл. 2).

Состояние психического утомления развивается в процессе

работы человека-оператора, если он произвел чрезмерные затраты. Это означает, что он имел ясно сформулированную цель деятельности, располагал всем необходимым для ее выполнения, но получение результата требовало продолжительной работы, даже если она была не слишком тяжелой. Состояние ожидания результата, его предвосхищения в процессе

Таблица 2. Практические состояния как следствия условий работы человека-оператора

Состояние	Осознание цели	Достаточность средств	Очевидность результатов
Функциональный комфорт	+	+	+
Психическое утомление	+	+	—
Психическая напряженность	+	—	+
Отсутствие мотивации	—	+	+
Эмоциональный стресс	+	—	—
Монотония	—	+	—
Тревожность	—	—	+
Индифферентное состояние	—	—	—

деятельности и вызывает психическое утомление, под которым понимается целостная характеристика психической деятельности и поведения субъекта за некоторый период времени, показывающая снижение интенсивности психических процессов в зависимости от длительности усилий по достижению необходимого результата.

Состояние психической напряженности вызывается чрезмерной величиной психических усилий, необходимых человеку для решения поставленных перед ним задач. Это состояние возникает в сложных условиях деятельности и, по мнению одних авторов, ухудшает показатели деятельности вплоть до полной ее дезинтеграции, а по мнению других, является обязательным при решении трудных задач, дефиците времени, повышенной ответственности и т. п. В данной ситуации человеку известны цели его деятельности и результат, которого он должен достигнуть, но он не готов к немедленной работе и испытывает дефицит средств: информации, условий, оборудования, которое, например, вышло из строя. Состояние психической напряженности является следствием «неготовности» средств, имеющихся у оператора, и понимается как целостная характеристика психической деятельности и поведения субъекта за некоторый период времени, показывающая предельную интенсивность психических процессов, обусловленную внезапным

включением человека в значимую ситуацию и энергичным выбором адекватного алгоритма ее разрешения.

Состояние отсутствия или пониженной мотивации испытывается людьми чаще, чем, например, утомления или напряженности, так как встречается довольно много производственных ситуаций, в которых деятельность не имеет внутреннего побуждающего мотива, а цель работы привносится извне в форме принуждения. Работник при этом обеспечен всеми необходимыми средствами деятельности и, следуя требованиям своих руководителей, более или менее легко получает результат. Но его работоспособность неуклонно снижается, наблюдаются нежелательные функциональные сдвиги, напоминающие симптомы усталости, субъективно им ощущается недомогание. Безразличие к цели, ради которой выполняется работа, является причиной возникновения и развития психического состояния отсутствия мотивации — целостной характеристики психической деятельности и поведения субъекта за некоторый период времени, показывающей дезактивацию психических процессов, определяемую отсутствием каких-либо ожиданий от ситуации при обеспечении алгоритмом ее разрешения.

Состояние эмоционального стресса человек испытывает практически только в особых, экстремальных, ситуациях труда в СЧТС. При этом сущность эмоционального стресса заключается в том, что цели деятельности четко сформулированы работником и безусловно им приняты, но он оказывается лишен средств получения результата, и итог развития событий практически не зависит от человека. Беспомощность работника, его неспособность, например, обеспечить безопасность окружающих людей и свою собственную, кажущаяся ему неотвратимостью неудачи катастрофических размеров служат причиной возникновения эмоционального стресса — целостной характеристики психической деятельности и поведения субъекта за некоторый период времени, показывающей разрушение психических процессов, определяемое внезапным появлением чрезвычайно значимых стимулов и отсутствием способов разрешения возникшей ситуации.

Состояние монотонии — наиболее распространенное состояние человека во многих областях трудовой деятельности. Особенности современного производства: симплификация труда, работа на конвейере, чрезвычайная сложность производимой продукции — зачастую приводят к тому, что работник отделен от действительных целей своего труда и тем более не видит и не знает результатов своих трудовых затрат. Ему предоставлены только средства деятельности в виде исходных материалов, оборудования, технологии и алгоритма работы. Эта изолированность от целей и результатов своего труда, отсутствие удовлетворения от воплощения своих усилий в решении интересующей работника задачи приводят к возникновению и раз-

виту монотонии — целостной характеристики психической деятельности, показывающей дисгармонию психических процессов, определяемую низкой ценностью содержания и характера работы и недооценкой смысла и важности усилий субъекта.

Тревожность традиционно понимается как одно из свойств личности и не рассматривается как продукт условий, сложившихся в трудовой деятельности. Однако многочисленные эмпирические данные показывают, что состояние тревожности существует и часто встречается у рабочих, служащих, людей опасных профессий. Причем это состояние работника прямо связано с особенностями производства и оказывает значительное влияние на успешность труда. Объясняются эти особенности тем, что ни в одном виде деятельности не удается регламентировать служебные обязанности, отношения, технологический процесс до такой степени, чтобы полностью исключить элемент неопределенности. Работника весьма часто преследует предчувствие неудачи в труде из-за не ясно сформулированной цели поведения в сложившейся ситуации и недостаточной ориентации в средствах ее разрешения. В этом заключается причина развития состояния тревожности — целостной характеристики психической деятельности и поведения субъекта за некоторый период времени, показывающей концентрацию и длительную фиксацию психических процессов на предполагаемом нежелательном результате из-за отсутствия алгоритма понимания назревающих событий.

Индифферентное состояние свойственно человеку, совершенно не включенному заинтересованно в производственную ситуацию: ему не известны ни цель системы, в которой он оказался, ни список средств, которые эта система использует ради достижения неизвестного ему результата.

Второй способ анализа условий труда работника характеризуется степенью готовности его к активным действиям в ситуации с точки зрения: а) ее предвосхищения или внезапности и б) обладания рациональным алгоритмом ее разрешения. Отражением степени готовности оператора к действиям и являются отрицательные практические состояния (табл. 3). С одной стороны, ситуация в СЧТС может оказаться: 1) внезапной, неожиданной для человека, требующей срочной мобилизации всех его сил и средств; 2) стандартной, стереотипной, позволяющей реагировать мгновенно, точно и без усилий; 3) предвосхищенной работником заранее и ожидаемой им задолго до наступления более или менее желательных событий. С другой стороны, работник может располагать готовыми рациональными алгоритмами разрешения названных ситуаций, способами их интеллектуального, логического анализа и принятия решения на этой основе. Но в некоторых случаях он не имеет рациональных объяснений происходящему, поэтому не

может найти адекватную модель поведения и реагирует на ситуацию эмоционально: испытывает страх, подавленность, ожидает неотвратимых неприятностей, неудач и т. д. Классификация ситуаций и соответствующих им способов реагирования (см. табл. 3) подтверждает возможность возникновения шести отрицательных состояний (см. табл. 2) и их свойств, которые были рассмотрены выше.

Таблица 3. Отрицательные практические состояния как следствия степени готовности человека-оператора к работе

Характер реагирования	Ситуация		
	внезапная, неожиданная	стереотипная, стандартная	ожидаемая, предвосхищаемая
Поведение на основе знаний, умений, навыков	Психическая напряженность	Отсутствие мотивации	Психическое утомление
Эмоциональное, чувственное реагирование	Эмоциональный стресс	Монотония	Тревожность

Из табл. 3 видно, что внезапная, неожиданная ситуация при условии, когда работник может реагировать на нее только эмоционально, вызывает эмоциональный стресс. Если же человек-оператор понимает ситуацию и знает способы ее разрешения, то усилия, необходимые для их реализации в экстремальных условиях, продуцируют состояние психической напряженности. Стандартная ситуация, разрешаемая стереотипной реакцией, требует от работника минимальных усилий и приводит к возникновению при длительной работе состояния монотонии или отсутствия мотивации. Длительно ожидаемая, предвосхищаемая и приближаемая усилиями работника ситуация продуцирует психическое утомление в том случае, если он владеет необходимыми способами деятельности и длительное время их реализует. Если же ситуация предвосхищается работником, но он ожидает наступления нежелательного события, не зная, как можно что-либо изменить, то развивается состояние тревожности.

Классификация практических состояний как следствий определенных условий трудовой деятельности на основе двух независимых способов анализа труда работника показывает, что существует только шесть отрицательных практических состояний: психическое утомление, монотония, психическая напряженность, тревожность, эмоциональный стресс, отсутствие мотивации. Такая классификация позволяет диагностировать состояния по условиям деятельности человека-оператора, а также прогнозировать эти состояния и управлять ими. Естественно, что изложенные способы могут лишь дополнять из-

вестные методики оценки состояний и должны сочетаться с ними.

Положительные практические состояния исследованы меньше и представляют огромный резерв для достижения целей эргономики.

Обеспечение удовлетворенности трудом. Четвертым фактором человеческого труда являются *результаты деятельности* (см. схему). Под результатом понимается эффект производства, т. е. специфический продукт энергетических, транспортных, информационных, промышленных и других СЧТС,¹¹ показывающий отношение результата к затратам. Эффект производства выражает не цель производства, а степень реализации цели труда в СЧТС.

Эргономист должен стремиться к максимальному экономическому эффекту от внедрения эргономического обеспечения, иначе говоря, к дополнительному экономическому результату, полученному только за счет эргономического обеспечения. Достигается это путем создания таких условий в СЧТС, при которых человек, осуществляя свой труд, производит потребительские стоимости — результаты. Роль труда в росте материального богатства общества широко известна, фундаментально изучена, тщательно рассматривается при разработке нового оборудования, приборов, предметов быта. Однако влияние труда на работника редко принимается во внимание при создании новых поколений машин, аппаратуры, рабочих мест и технологических процессов. Это влияние должно обеспечивать развитие психики человека, совершенствование его личности, а не регрессию и деградацию работника.

Очень ярко о роли труда в формировании человека говорил К. Д. Ушинский: «Материальные плоды трудов составляют человеческое достояние; но только внутренняя, духовная, животворная сила труда служит источником человеческого достоинства, а вместе с тем и нравственности, и счастья. Это животворное влияние имеет только личный труд на того, кто трудится. Материальные плоды трудов можно отнять, наследовать, купить, но внутренней, духовной, животворной силы труда нельзя ни отнять, ни наследовать, ни купить за все золото Калифорнии: она остается у того, кто трудится. Недостаток этой незримой ценности, производимой трудом, а не недостаток бархата, шелка, хлеба, машин, вина погубил Рим, ... вырождает сословия, уничтожает роды и лишает нравственности и счастья тысячи людей».¹² Труд составляет необходимое условие не только для развития человека, продолжал К. Д. Ушинский, но и для поддержания в нем той степени

¹¹ См.: Пятибратов А. П. Человеко-машинные системы: Эффект эргономического обеспечения. М., 1987. С. 11.

¹² Ушинский К. Д. Избр. педагог. соч.: В 2 т. М., 1953. Т. 1. С. 303—326.

достоинства, которой он уже достиг. Без личного труда человек не может идти вперед, не может оставаться на одном месте, но должен скатываться назад.

Психологический смысл этих утверждений заключается в том, что человек, рождаясь, обладает только инстинктивными реакциями, на основе которых развиваются непроизвольные психические процессы: непроизвольное внимание, непроизвольная память и др. Непроизвольное внимание, например, определяет пассивность, полное подчинение человека окружающей среде, аффектам, влечениям, чувствам удовольствия или неудовольствия. Любое внешнее воздействие прерывает целенаправленное поведение человека, у которого доминируют непроизвольные процессы. Сущность психического недоразвития психологи сводят к аномалии воли и внимания, к неспособности владеть собственными процессами поведения.

Произвольные психические процессы: произвольная память, произвольное внимание, мышление, восприятие — являются плодом личных усилий человека и не могут возникнуть как результат естественного развития. Способность концентрировать внимание на решаемой задаче независимо от внешних помех, запоминать и воспроизводить большие массивы информации, обдумывать проблему в обстановке стрессовых воздействий достигается за счет систематической тренировки и упражнений, которые развивают способность к психическому усилию. Такое развитие может происходить только в условиях, где возникают и нарастают внешние и внутренние препятствия, преодоление которых является обязательным. Эти условия создаются лишь в процессе труда. В труде человек приобретает способность преодолевать свое нежелание выполнять ту или иную работу, не придавать особого значения ощущениям утомления, страха, напряженности, добиваться результата, каких бы усилий это ни стоило, сколько бы времени на это ни уходило. В процессе труда идет самосовершенствование человека, произвольные психические процессы начинают доминировать над непроизвольными, человек все более и более овладевает своим поведением.

Если любой психический процесс, любое психологическое качество человека систематически не упражняются, не находят себе применения в труде, то они деградируют, ухудшается качество рабочей силы, в обществе возникают социальные проблемы, конфликты. Улучшение же качества рабочей силы, развитие интеллекта работников, совершенствование их личности приводит к развитию высоких моральных качеств, нужных для общественной и личной жизни человека, и оказывает положительное влияние на появление новых поколений средств производства.

Человек в социалистическом обществе — это решающий фактор и одновременно цель, высший результат общественного

производства. Если же труд развивает в работнике качества, необходимые только производству, то это означает, что данное производство не служит общественному развитию, что оно становится производством ради производства. Эргономист, проектируя СЧТС, вместе с конструкторами должен предусмотреть в ней использование высших психических функций оператора: внимания, памяти, мышления, восприятия, представлений. Труд в СЧТС должен основываться на нравственных качествах работника: его честности, ответственности, мужестве, добросовестности, решительности, искренности, тактичности, справедливости. Работник в СЧТС должен развивать в себе умение оперировать научной и объективной информацией, в своих действиях должен учиться организованности и убежденности, в деловом общении — быть ясным и конкретным, в своих решениях — практичным. Ориентация на операторов с очень высокими психологическими, нравственными, деловыми качествами и создание условий для еще большего совершенствования этих качеств не являются избыточными или обусловленными только производственными задачами.

Современные СЧТС характеризуются двумя важными параметрами. Во-первых, они заключают в себе колоссальные энергетические мощности, представлены объектами огромной массы, движущимися с очень большой скоростью. В них используются процессы, осуществляющиеся при высоких давлениях, температурах, а также в агрессивных и ядовитых средах. Ошибки человека-оператора в таких СЧТС приводят к авариям, уносящим тысячи жизней, наносящим огромный материальный ущерб и порождающим сомнения в правильности путей развития науки и техники. Аварии в Барселоне (Испания, 1978 г.), Три-Майл-Айленде (США, 1979 г.), Бхопале (Индия, 1984 г.), Муттенце (Швейцария, 1986 г.) и Чернобыле (СССР, 1986 г.) показали сложность современной техносферы и остро поставили проблему создания специальной культуры общения с ней.

Отсюда второй важный параметр современных СЧТС — культура общения человека в них с техническими устройствами. Компьютерные устройства, системы контроля и управления, несмотря на многочисленные блокировки и защитные устройства, сводящие вероятность крупной аварии до величин порядка 10^{-4} , характеризуются «наивностью», «доверчивостью», «управляемостью» по отношению к действиям человека. Управляемая оператором, который склонен в своих действиях руководствоваться недостоверной или неполной информацией (нечестным), быть неорганизованным и необъективным (безответственным) и т. д., любая самая совершенная техническая система может стать причиной гибели людей и материального ущерба. Поэтому средства труда должны быть спроектированы таким образом, чтобы в них систематически упражнялись ин-

теллектуальные качества оператора, проверялись его моральные качества, а результаты деятельности оценивались по самым высоким психологическим и нравственным критериям.

Итак, человеческие качества являются таким же продуктом содержания и характера труда человека, как и созданная им в процессе труда потребительная стоимость.

Пятый фактор — *удовлетворенность человека своим трудом* (см. схему) — определяется четырьмя предыдущими. С отсутствием удовлетворенности связаны диспропорции распределения кадров по регионам, отраслям, профессиям, недопустимо высокая текучесть кадров, низкая трудовая и технологическая дисциплина, многие социальные и нравственные издержки (избегание производительного труда, принимающее форму тунеядства или бродяжничества).

Удовлетворенность — чувство, испытываемое человеком при таком осуществлении его потребностей и желаний, когда он считает проблему разрешенной, в противном случае он возвращается к ней вновь. Удовлетворенность трудом появляется у человека при совпадении ожидаемых содержания и характера труда с реально им осуществляемыми. Она может играть как положительную, так и отрицательную роль, вызываться как объективными, так и субъективными причинами.

Объективная удовлетворенность трудом является обязательным условием эффективного функционирования СЧТС, позволяющим направить все силы человека-оператора, использовать все его способности, задействовать весь его нравственный потенциал на достижении целей СЧТС. В этом случае человек не отвлекается на поиски побочных видов активности, не пытается реализовать неудовлетворенное в труде самлюбие с ущербом для себя и общества. Он относится к своему труду как к делу чести, профессиональной доблести, испытывает чувство патриотической ответственности за свою деятельность.

Удовлетворенность трудом достигается при учете ориентации человека на содержание труда, путем разумного расходования рабочей силы за счет снижения интенсивности воздействия на работника факторов физической среды, разумной организации труда, нормального психологического климата в коллективе, в отношениях с руководителями и коллегами, приемлемой рабочей нагрузки. Кроме того, существенное значение имеют уровень заработной платы, обеспечивающий достаточный социальный статус, возможность повышения по службе и квалификации. Удовлетворенность правильно спроектированным и четко организованным трудом сопутствует всем эффективно действующим программам в промышленности, на транспорте, в науке; она характерна для изобретателей, первооткрывателей, первопроходцев, выдающихся специалистов на производстве и в сельском хозяйстве.

Субъективная удовлетворенность трудом в некоторых случаях играет отрицательную роль. Во многих СЧТС после долгого времени работы складывается благоприятная обстановка с точки зрения психологического климата, уровня рабочей нагрузки, заработной платы, престижности профессии и др. Но на определенном этапе научно-технического прогресса эта СЧТС может оказаться недостаточно эффективной, экономически убыточной, так как создаваемая в ней продукция не будет соответствовать новым, более высоким стандартам качества. Необходимость перехода на новые характер и содержание труда в СЧТС влечет за собой переподготовку специалистов, изменяет привычную расстановку кадров в системе, разрушает установившиеся комфортные условия труда и привычный микроклимат. Период внедрения новой техники и технологии создает некоторую неопределенность перспектив для людей, привыкших к устоявшемуся социальному, материальному и профессиональному положению, требует от них иногда существенных усилий для приобретения новых знаний, умений, навыков, подтверждения своей профессиональной пригодности в новых условиях. Возникает явление «психологического барьера», которое замедляет темп научно-технического обновления производства. Стремление сохранить условия, обеспечивавшие удовлетворенность трудом, приводит к срыву программ перевооружения производства, нарушениям принципов социальной справедливости, застою явлениям в области экономики, во внедрении новых систем управления народным хозяйством, в повышении профессионального уровня специалистов и в общественной жизни.

Объективная неудовлетворенность трудом из-за плохой его организации, нарушения принципов справедливой оплаты и правил охраны труда, отсталой технологии, несоответствия современным требованиям квалификации играет положительную роль. Стремление улучшить организацию труда, сделать его соответствующим современным научно-техническим требованиям, исключить чрезмерное воздействие факторов рабочей среды, нездорового социального климата порождает активность работника. Потребность преодоления беспорядочности, бессмыслицы, нецелесообразности, неадекватности, расточительности в труде является здоровой, естественной основой неудовлетворенности своей работой, залогом ее совершенствования и последующего чувства удовлетворения от труда.

Субъективная неудовлетворенность трудом обусловлена недостаточной подготовкой человека к труду всем ходом его предыдущего физического, нравственного, интеллектуального, профессионального развития. В некоторых случаях субъективная неудовлетворенность трудом обусловлена психологическими особенностями человека, неправильно отражающего действительное положение вещей. Нередко работник стремится к зна-

чительно большему, чем может достигнуть по уровню своей подготовки и способностей. В одних случаях, располагая представлениями о труде, полученными из средств массовой информации, а не из собственного опыта создания предметов, имеющих потребительную стоимость, человек преуменьшает трудность действительной эффективной работы и преувеличивает свои возможности. Участие в реальном труде и естественные неудачи побуждают его искать их причины в содержании и характере труда, как бы хороши они ни были, а не признавать их следствием собственной неумелости и незнания. В других случаях человек переоценивает свои достижения в труде, а низкое качество результатов своей работы, невыполнение норм, неэкономичное расходование ресурсов объясняет плохой организацией работы, действием мешающих факторов, низкой престижностью профессии и пр. Стремление к меньшим результатам и недооценка своей трудовой успешности также могут привести к чувству неудовлетворенности трудом, которое является следствием психологических проблем их носителя. Любые изменения в содержании, характере, условиях, результатах труда не изменяют в таких случаях неудовлетворенности работой. Привести в соответствие действительные качества труда и отношение к нему человека в этом случае можно только за счет психокоррекционных мероприятий.

Средства взаимного приспособления человека и техники. Достижению целей эргономики служит взаимная адаптация человека и технических систем. Адаптация человека к технике осуществляется на всем протяжении его жизни, начиная с детских лет и кончая периодами наивысшего профессионального мастерства и старостью. В адаптацию последовательно входят профориентация, профессиональная консультация, профотбор, профобучение и психопрофилактика, суть которых заключается в совместном с работником поиске наиболее приемлемых для его способностей содержания и характера труда, организации воспитывающих, обучающих, управленческих и поддерживающих мероприятий.

Профориентация — это информирование общества и конкретных лиц о существе и значимости множества профессий, применяемых в данном регионе. Она дает представление о разделении труда в обществе, понятиях «специальность» и «профессия». Описание и демонстрация особенностей предмета труда, применяемых орудий, целей и условий осуществления трудового процесса дают возможность человеку сделать ориентировочный выбор области приложения своих физических и духовных сил, позволяющей получить взамен приложенного труда необходимые средства существования и развития.

Профконсультация заключается в согласованном между консультантом и консультируемым выборе совокупности доступных последнему профессий из числа ориентировочно пред-

почитаемых после общего его психологического исследования. Каждая профессия связана с характерным для нее видом риска и вероятностью его появления (опасность для здоровья, жизни, социального статуса и пр.), которая определяет размер и форму расходования рабочей силы. По характеру и содержанию труда профессия может опираться или на воспроизведение знаний, умений, навыков, или на производство новых знаний, умений, навыков. Работа может происходить или в автоматическом темпе (сборка на конвейере), или в принудительном темпе (сборка на конвейере). Существом профессии может быть процесс (транспортировка грузов, ретрансляция информации) или результат труда (собранный автомобиль, построенное здание). Все психологические особенности человека имеют «отражение» в той или иной профессии, и их совпадение обеспечивает оптимальный уровень расходования рабочей силы, не угрожающий здоровью работника и не срывающий нормального хода технологического процесса в СЧТС.

Профотбор состоит в научно обоснованном допуске человека к определенному труду в случае обнаружения у него необходимых задатков, достаточной физической и образовательной подготовки. Из-за существования объективных пределов адаптации деятельности к человеку, невозможности устранить некоторые мешающие или опасные воздействия (перегрузка у летчиков, невесомость у космонавтов) для многих СЧТС приходится отбирать людей, способных переносить экстремальные размеры расходования рабочей силы. При этом главной является способность к производительному труду — получению необходимого количества продукта заданного качества с минимальными затратами. Последние обеспечиваются группой общих способностей. Это прежде всего жизнеспособность — эффект всей структуры индивида, общее природное основание для других потенциалов субъекта. Работоспособность обеспечивает поддержание заданного уровня эффективной работы на предельных возможностях организма и психики, необходимых в данной СЧТС. Способность к обучению определяется скоростью и качеством усвоения знаний, умений, навыков, необходимых для выполнения конкретных ролей в общественном разделении труда. Специальные способности проявляются в особенно быстром и точном приведении поступков человека в соответствие с действительностью на основе законов, фактов, понятий, отражающих закономерности природы и общества.

Профобучение заключается в прохождении полного курса подготовки к реализации необходимых знаний, умений и навыков в определенных целях и условиях и в успешной сдаче квалификационных испытаний. В итоге профобучения улучшается результативность действий работника, выражающаяся в сокращении числа ошибок; он избавляется от ненужных

действий, движений; у работника повышается темп работы за счет устранения перерывов между операциями; он усваивает ритм работы и равномерно распределяет свои физические и интеллектуальные усилия; многие действия им автоматизируются, выполняются без излишнего напряжения; обученный работник приобретает способность предвосхищать следующие действия. Кроме того, работник приобретает помехоустойчивость, эмоциональную уравновешенность, психологическую готовность к экстренному действию. Высокое профессиональное мастерство состоит в адекватном отражении ситуации в СЧТС и умении в нужный момент мобилизовать физические и психологические ресурсы для достижения поставленной цели.

Психопрофилактика включает совокупность психологических средств, устраняющих или ослабляющих болезненные симптомы, изменение отношения к себе, своему состоянию, окружающей среде, целям своего труда и средствам его осуществления. Дело в том, что чрезмерное, длительное, неупорядоченное расходование рабочей силы, часто обусловленное характером и содержанием труда, приводит к развитию отрицательных практических состояний, которые в свою очередь нарушают функционирование процессов памяти, внимания, мышления. Объективно это приводит к ошибкам работника, сбоям, авариям; субъективно — к утрате смысла труда, цели деятельности. В психопрофилактику входят применение фармакопрепаратов, психической саморегуляции, функциональной музыки, специализированной гимнастики, воздействие на биологически активные точки, гипнотическое воздействие, психотерапия.

Адаптация техники к человеку осуществляется в процессе составления технического задания на СЧТС, на стадиях технического предложения, эскизного, технического и рабочего проектирования. Содержание и характер труда человека в СЧТС изучаются и проектируются таким образом, чтобы обеспечить оптимальный уровень расходования рабочей силы, исключая развитие трудных психических состояний и обеспечивающий самореализацию психологических и нравственных достоинств работника. При этом исходят из того, что в результате осуществления мероприятий по адаптации человека к данной СЧТС отобран и подготовлен контингент лиц, у которых исходный уровень отрицательных практических состояний не превышает допустимого для СЧТС предела. Этот уровень гарантирует оптимальное протекание психических процессов, ответственных за прием, переработку информации, принятие и исполнение решения. Таким образом, с одной стороны, обеспечиваются эффективность и безопасность функционирования СЧТС, а с другой, — не провоцируется возникновение по отношению к труду негативно окрашенных эмоций, настроений, чувств, т. е. неудовлетворенности трудом.

Смысл целостной эргономической характеристики (рис. 3)

заключается в том, что в результате адаптации техники к человеку ни оборудование, ни факторы внешней среды, ни процесс взаимодействия с ними не вызывают развития у оператора цепочки «трудные состояния — срыв психических процессов — снижение безопасности, эффективности, комфорта — неудовлетворенность трудом». Это достигается за счет проектирования комплексных эргономических показателей: обитаемости, освоенности, управляемости, обслуживаемости.

Под *обитаемостью* понимается мера соответствия условий работы человека биологически оптимальным параметрам рабочей среды, исключающим избыточное расходование рабочей силы, опасное для его психического состояния, соматического здоровья, нормального развития. Обитаемость определяют не только физические факторы внешней среды (температура, шум, загазованность и пр.), но и психофизиологические (соразмерность интенсивности, изменчивости информации возможностям анализаторов человека), психологические (межличностные отношения, сплоченность коллектива), антропометрические (работа в ограниченном, замкнутом объеме в неудобной позе). Изучение и проектирование, экспертиза обитаемости СЧТС требуют привлечения данных по всем групповым эргономическим показателям. Например, работа в производственном корпусе, лишенном доступа естественного света и имеющем высокую величину отражения звука, вызовет в первую очередь сильное психическое утомление с дальнейшими негативными последствиями как поведенческого, так и соматического характера из-за низкого показателя обитаемости.

Освояемость — это возможность быстрого овладения оператором знаниями, умениями, навыками управления и обслуживания СЧТС, обеспечиваемая за счет объективности и организованности инструктивной информации и адаптации СЧТС к минимально допустимой физической, психологической, образовательной исходной подготовке персонала. В последние годы накоплено достаточно сведений по параметрам антропометрического и других групповых показателей, которые необходимы для прогноза и организации обучения операторов. В то же время переход работников, например, с универсальных металлообрабатывающих станков на гибкие производственные системы встречает сопротивление из-за недостаточной освоенности нового оборудования. Программирование, электроника, их описание в инструкциях по эксплуатации не ориентированы на имеющийся уровень знаний персонала, усложнены, не учитывают психологических трудностей, связанных с новизной технологического процесса.

Под *управляемостью* понимается такое распределение функций между человеком и машиной, которое обеспечивает при их взаимодействии ведущую роль человека за счет возможности его опережающих действий и исключения из обмена сиг-

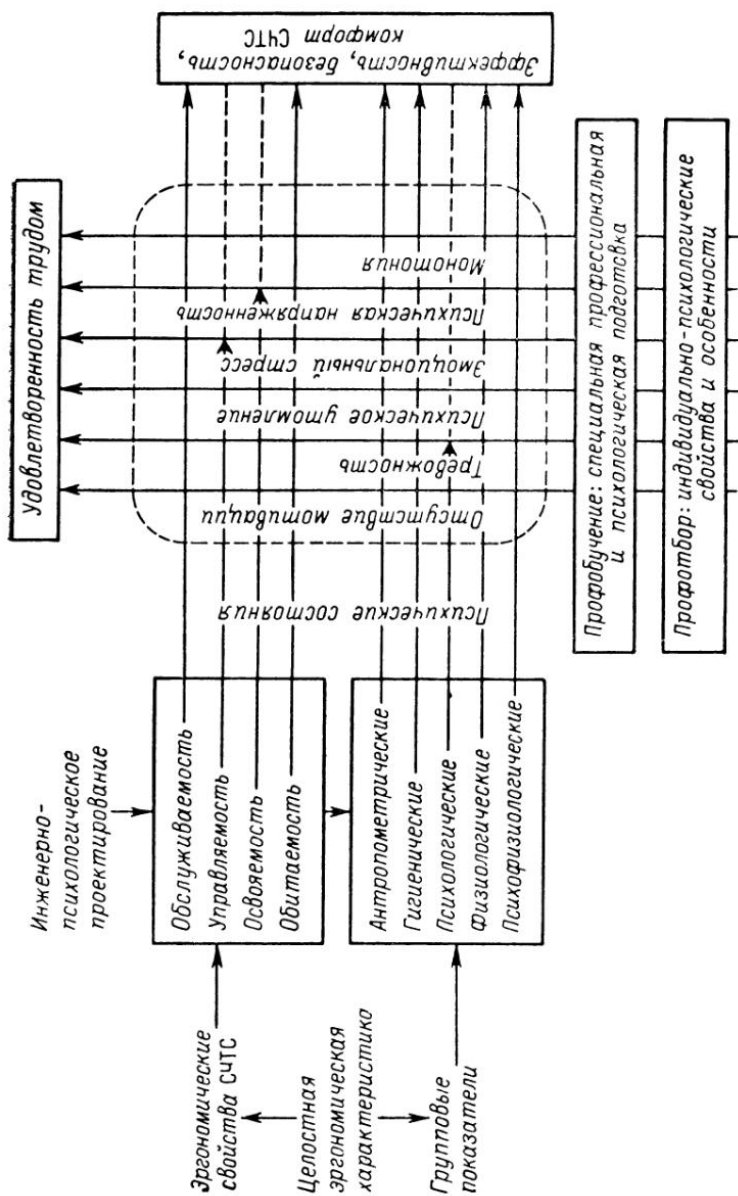


Рис. 3. Эргономическое управление психическими состояниями оператора.

Психические состояния определяют оптимальное протекание психических процессов: внимания, восприятия, памяти, мышления, принятия решения и др., — ответственных за прием, переработку информации, принятие решения.

налов и команд, дезорганизующих функционирование техники или человека. С одной стороны, скорость протекания процессов в технических системах, точность выдерживания их параметров, энергонасыщенность машин требуют точности, своевременности информации, как получаемой от машины, так и вводимой в машину, а с другой стороны, последнее слово должно непременно оставаться за человеком. Опережение машиной действий человека непременно приводит к утрате контроля над СЧТС, а затем и к потере управления ею. Такая ситуация чревата не только аварией, но и возникновением эмоционального стресса у персонала со всеми нежелательными последствиями.

Обслуживаемость — это пространственная доступность регулируемых и заменяемых элементов, такое их размещение, которое обеспечивает рациональность действий персонала при монтаже, транспортировке, профилактике и ремонте СЧТС. Конструкторы традиционно озабочены надежностью, долговечностью, быстроходностью, массой машины и пр., но из-за отсутствия эргономических рекомендаций практически мало интересуются ее монтируемостью, транспортабельностью, ремонтпригодностью. Оборудование, имеющее очень высокие функциональные характеристики, может требовать от персонала предельно больших уровней расходования рабочей силы из-за неудачного размещения узлов машины (низко, заслонены другими деталями, тесно, невозможно применить инструмент и т. д.). Подобные просчеты могут привести к поломкам техники, отказу от работы с ней персонала, не говоря уже об ошибках регулировки и настройки.

Итак, взаимная адаптация человека и техники в СЧТС является средством достижения ее безопасности, эффективности труда персонала и удовлетворенности трудом.

Глава 3

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРАКСИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ЧЕЛОВЕКА

При выборе или разработке методов исследования праксических состояний человека нужно учитывать, что эти состояния взаимосвязаны, динамичны и ситуативно обусловлены. Поэтому исследование должно быть комплексным, системным, сочетающим физиологические, психофизиологические и психологические методы. Для определения интегральных показателей все методы необходимо согласовать между собой по: 1) возможности полноте набора методик и признаков, 2) типу шкалы — желательно, чтобы сопоставляемые величины были представлены в одинаковых шкалах, 3) виду статистического распределения — при заведомо разных распределениях необходима нормализация данных, 4) стационарности условий исследования, 5) стабильности показателей во времени, 6) масштабу, согласованному для всех измеряемых параметров, 7) диапазону измерений, который удобно выбирать в пределах от 0 до 100, вводя для некоторых параметров поправочные коэффициенты, 8) шагу квантования — для периодически изменяющихся величин он должен обеспечивать 2—5 замеров на каждый период изменения параметра, 9) точности измерений — обычно требуются 2—3 значащие цифры.

3.1. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Электроэнцефалография. Применение этого метода в значительной степени зависит от процедур обработки, которые имеются в распоряжении исследователя. В настоящее время получает все большее распространение автоматическая обработка электроэнцефалограмм (ЭЭГ), но это требует наличия ЭВМ, к которой имеет доступ пока далеко не каждый исследователь. Поэтому основной упор мы сделаем на так называемые

мых «ручных» методах обработки, доступных каждому исследователю. С их помощью можно провести целый ряд операций.

1. *Определение альфа-индекса.* Альфа-индекс — процент времени, в течение которого на ЭЭГ наблюдается выраженный альфа-ритм (частота 8—13 Гц). За альфа-ритм принимают такую активность, которая состоит по крайней мере из трех последовательных альфа-волн с амплитудой 7 мкВ и более. На практике альфа-индекс определяют обычно на отрезке кривой в 1 м длиной при скорости записи 3 см/с.

2. *Нахождение максимальной амплитуды альфа-ритма.* Под нею понимается средняя из нескольких максимальных (например, из 5) альфа-волн на анализируемом отрезке. Амплитуду альфа-ритма обычно рассматривают как показатель, аналогичный альфа-индексу, т. е. имеет место следующая закономерность: повышенное внимание и напряжение приводят к снижению как амплитуды альфа-ритма, так и альфа-индекса.

3. *Определение уровня асимметрии восходящих и нисходящих фаз волн ЭЭГ.* Существует мнение, что средний уровень асимметрии довольно стабилен для данного функционального состояния, а изменение функционального состояния мозга, связанное, например, с умственным напряжением, засыпанием и т. п., выражается в закономерных сдвигах уровня асимметрии. Обычно более высокое значение асимметрии трактуется как свидетельство более высокого уровня активности.

Практически подсчет уровня асимметрии осуществляется так. Запись ЭЭГ ведется на возможно большей скорости (60—120 мм/с). Под кривой проводится нулевая линия, перпендикулярно нулевой — параллельные линии с возможно меньшим шагом квантования (обычно порядка 25 мс).

На анализируемом участке просматриваются все волны, и под каждой волной ставятся цифры 1 или 0 таким образом: от нижней точки до вершины там, где волна поднимается, ставится цифра 1, от вершины до нижней точки — цифра 0 на каждом шаге квантования. В том случае, когда вершина — точка перегиба или уплощена, цифра на ней должна быть такой же, как и предыдущая.

Далее просматривается вся запись ЭЭГ и вычленяются комбинации 1, 11, 111, 1111, ... для фаз возрастания. Аналогично для фаз убывания выделяются комбинации 0, 00, 000, 0000, ... Затем подсчитывается частота встречаемости каждой комбинации (строится вариационный ряд), т. е. число 1, 11, 111, 1111, ... для фаз возрастания, обозначаемых соответственно $A_1, A_2, A_3, A_4, \dots$ Точно так же подсчитываются частоты встречаемости 0, 00, 000, 0000, ... для фаз убывания, обозначаемые соответственно $B_1, B_2, B_3, B_4, \dots$ Полученные частоты можно свести в следующий ряд:

A_1 5	B_1 3
A_2 7	B_2 5
A_3 23	B_3 11
A_4 1	B_4 0
...
A_n 1	B_n 0

На основе этих данных находится средняя величина фаз возрастания A_T и убывания B_T на анализируемом отрезке записи продолжительностью T секунд по формуле

$$A_T = \frac{A_1 + 2A_2 + 3A_3 + \dots + nA_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}; \quad B_T = \frac{B_1 + 2B_2 + 3B_3 + \dots + nB_n}{B_1 + B_2 + B_3 + \dots + B_n}.$$

И, наконец, рассчитываются производные показатели: асимметрия волн $\Delta_T = A_T - B_T$; отношение $\lambda_T = A_T / B_T$; средний период колебаний $L_T = A_T + B_T$; средняя частота ЭЭГ на участке T : $\omega_T = 1/L_T$ (Гц), где T — величина анализируемого отрезка, так называемая «эпоха анализа». При этом шаг квантования $\tau = 25$ мс.

4. *Проведение корреляционного анализа ЭЭГ.* В экспериментальных работах применяется несколько его вариантов: подсчет кросскорреляций как корреляции между ЭЭГ различных отведений, определение кросскорреляционной и автокорреляционной функций и др. Все эти варианты трудоемки и требуют использования вычислительной техники. Мы рассмотрим сравнительно простые способы корреляционного анализа.

При подсчете кросскорреляций для двух сравниваемых ЭЭГ надо сосчитать число совпадений 1 и 0 на анализируемом отрезке независимо от конкретного значения 0 или 1, т. е. общее число совпадений. Квантование производится так же, как это описано для определения уровня асимметрии восходящих и нисходящих фаз волн. Далее подсчет корреляции осуществляется по формуле

$$r = -\cos[m/(n-k)]\pi,$$

где r — коэффициент корреляции; m — число совпадений знаков 1 и 0; n — общее число квантованных участков; $\pi = 3,14$; k — число сдвигов квантованных участков записи. Значения косинуса берутся из таблицы тригонометрических функций в радианах.

При определении автокорреляционной функции подсчитываются коэффициенты корреляций ЭЭГ «самой с собой». Практически это можно сделать так. Берем отрезок кривой, равный, допустим, 2 с. При скорости записи 120 мм/с и шаге квантования 3 мм (25 мс) будет 80 точек. Квантуем отрезок,

ставим цифры 1 и 0 и дублируем его. Подсчитываем число совпадений 0 и 1 при нулевом сдвиге и коэффициент корреляции по вышеприведенной формуле, например:

$$r = -\cos(80/80)\pi = -\cos 1 \cdot 3,14 = 1.$$

Производим сдвиг дублированного отрезка на один шаг квантования, например, вправо:

$$\begin{aligned} r &= -\cos(70/80)\pi = -\cos 0,87 \cdot 3,14 = \\ &= -\cos 2,74 = 0,92. \end{aligned}$$

Снова производим сдвиг дублированного отрезка на один шаг и снова подсчитываем корреляцию:

$$r = -\cos(45/80)\pi = -\cos 1,77 = 0,2 \text{ и т. д.}$$

Строим график автокорреляционной функции. На оси абсцисс откладываем число сдвигов τ , на оси ординат — величину коэффициента корреляции для каждого сдвига; если у нас есть достаточно большое количество коэффициентов корреляции (обычно их число равно $1/3$ — $1/4$ от общего числа квантованных участков), то, нанеся эти точки на график и соединив их, получим автокорреляционную функцию.

Имеются два крайних случая. Если таким способом обрабатывается запись синусоиды, гармонического процесса, то ее автокорреляционная функция будет косинусоидой. Если обрабатывается запись «белого шума», то уже на 2-м шаге коэффициент станет равным 0 и будет таким практически на всех остальных шагах. Автокорреляционная функция реального биологического процесса имеет промежуточный характер, т. е. в ней можно увидеть периодическую компоненту, которая через определенное время затухает.

Для анализа графика автокорреляционной функции используются следующие ее основные параметры: 1) средний период колебаний, характеризующий доминирующую частоту (его можно найти, умножив число шагов квантования в одном периоде на значение шага квантования в секундах); 2) интервал корреляции, или скорость затухания, — отрезок времени, в течение которого корреляционная функция «затухает» (чем больше интервал корреляции, тем выше регулярность волн в ЭЭГ, а чем меньше этот интервал, тем сильнее выражены в ЭЭГ случайные процессы); 3) площадь под кривой автокорреляционной функции; 4) соотношение периодической и случайной составляющей. Для количественного определения этого параметра вводят коэффициент

$$K_{\text{п/с}} = A/(R_{\tau=0} - A).$$

Мощность периодической компоненты вычисляют как половину средней амплитуды волн автокоррелограммы ($A = 1/2 \cdot a$, где

a — средняя амплитуда значений автокорреляционной функции), а мощность случайной компоненты — как разность максимального значения корреляционной функции ($R_{\tau=0}=1$) и мощности периодической компоненты.

При определении кросскорреляционной функции расчет производится для двух различных отведений таким же способом, как при нахождении автокорреляционной функции, но сдвиги осуществляются вправо и влево от линии OU .

Основными параметрами кросскорреляционной функции являются: 1) средний период колебаний (частота доминирующего в обоих отведениях ритма), 2) скорость затухания, 3) выраженность периодической составляющей, 4) максимальная величина коэффициента корреляции, 5) временной сдвиг максимума кросскорреляционной функции в сторону от нуля (он позволяет оценивать смещения по фазе двух колебательных процессов).

5. *Измерение периодов волн.* На анализируемом отрезке записи ЭЭГ измеряются последовательно все периоды волн и амплитуда каждой волны. Данные вносятся в следующую таблицу:

Период		Частота, Гц	Суммарная амплитуда	
мм	частоты		мм	мкВ

На основе полученного распределения строится график-спектрограмма.

Этот способ — простейший из возможных, но у него есть один существенный недостаток: он применим с большим основанием для гармонических колебаний. Биологические же ритмы сложные. Они могут рассматриваться как состоящие из более простых.

6. *Определение синхронизационно-десинхронизационной реактивности.* Процедура заключается в измерении времени реакции ЭЭГ на закрывание глаз (выражается в появлении всплеск альфа-ритма) и времени реакции на открывание глаз (депрессия альфа-ритма). Оба значения времени реакции объединяются в так называемый коэффициент $K_{3/0}$ путем деления первого на второе. Началом выполнения команды на закрывание или открывание глаз служит электрическое проявление глазного движения на записи ЭЭГ. Смысл показателя таков, что чем выше уровень функционального состояния исследуемого участка мозга, тем больше значение $K_{3/0}$.

7. *Анализ вызванных потенциалов (ВП).* Комплекс электрических колебаний биопотенциалов, регистрируемых с поверх-

ности черепа в ответ на афферентное раздражение, называется вызванным потенциалом. Эти потенциалы являются отражением последовательного возбуждения разных структур мозга, обусловленного афферентной импульсацией. Вызванные потенциалы имеют малую амплитуду, и их приходится «накапливать», накладывая, например, на магнитную или киноленту несколько последовательных ответов, обычно от 16 до 60, или суммируя значения электрических сигналов мозга с помощью ЭВМ.

Основные параметры, которые исследователи анализируют в ВП,— амплитуды компонентов и их латентные периоды. Обычно рассматриваются: 1) амплитуды пиков, их соотношение и латентные периоды; 2) суммарная мощность ответа, площади первичных и вторичных ответов и их отношение; 3) показатели вариативности различных компонентов ВП.

Общая тенденция изменения параметров вызванных потенциалов такова: чем выше амплитуда компонентов ВП и короче латентные периоды, тем выше уровень активации.

Методы исследования вегетативных процессов. В эргономических исследованиях указанные методы, как правило, используются для оценки так называемых энергетических затрат на выполнение работы, т. е. носят неспецифический характер.

Измерение кожно-гальванической реакции (КГР). Оно состоит в регистрации электрических свойств кожи при том или ином стимуле. Измерения электрических свойств кожи проявляются в сдвигах разности потенциалов между двумя пунктами кожной поверхности (феномен И. Р. Тарханова) и в вариациях электросопротивления кожи пропускаемому через нее току (феномен Фере). Отводящие электроды могут быть установлены на любом участке тела, например один фиксируется на ладонной, а другой — на тыльной стороне кисти, или оба — на безымянном пальце. При регистрации кожных потенциалов в электрической цепи отсутствует внешний источник тока. Потенциалы отводятся с помощью двух неполяризующихся электродов, соединенных с чувствительным гальванометром или усилителем постоянного тока.

Когда показатели КГР относятся к достаточно долгому периоду времени, следует говорить об *уровне* (тоническая активность). Когда же изучают реакцию малой продолжительности на предъявленный стимул, речь идет о *реакции* (фазическая активность). Реакции, возникновение которых нелегко связать с каким-либо внешним стимулом, называются *спонтанными*. Наблюдения показывают, что спонтанная активность увеличивается при эмоциональном стрессе, тогда как тоническая активность КГР изменяется и вследствие эмоций, и при умственной работе.

Исследования многих авторов свидетельствуют, что одним из наиболее чувствительных показателей ориентировочной

реакции является КГР. Так, по данным Л. П. Латаша, испытуемые, у которых КГР не возникала даже при первом предъявлении индифферентного стимула, составили 12% от числа обследованных лиц. В то же время дыхательные сдвиги отсутствовали у 41,4%, сдвиги сердечной ритмики — у 70,4%. По отношению к скорости угашения ориентировочной реакции индикаторы состояния могут быть расположены в такой последовательности: изменение частоты сердечных сокращений при предъявлении стимула, изменения дыхания, КГР, активация ЭЭГ, появление вертекс-потенциала (вызванный потенциал).

Ориентировочная реакция проявляется в отклонении пера самописца от нулевой линии, или в изменении кожного сопротивления. В лабораторной практике стимулом обычно служит вспышка света, звуковой сигнал, удар током, прикосновение. Можно выработать условный рефлекс и на предъявление индифферентного стимула, подкрепляя его тем или иным способом.

Следует различать ориентировочную реакцию на новые раздражители и оборонительную реакцию на стимулы угрожающего характера. Если раздражение повторяется много раз, то ориентировочная реакция на него постепенно ослабевает. При оборонительной реакции привыкание происходит медленнее. В психофизиологических исследованиях скорость привыкания часто используется как зависимый показатель. Испытуемому, например, предлагается прослушать серию тонов, подаваемых с правильными интервалами. Скорость привыкания будет измеряться числом тонов, которое надо подать прежде, чем исчезнет КГР.

Существует зависимость между направлением кожно-гальванической реакции и скоростью ее восстановления. Однофазные отрицательные реакции связаны с медленным восстановлением, тогда как двухфазные реакции сопровождаются более быстрым восстановлением к исходной величине. Так, например, в эксперименте у испытуемых при раздражении громким тоном возникали реакции с медленным восстановлением. Но когда тот же тон служил испытуемому сигналом для как можно более быстрого нажатия кнопки, скорость восстановления увеличивалась.

Поскольку КГР чаще всего имеет периодический характер, для ее обработки можно применить корреляционный анализ.

Среди других показателей, определяемых в экспериментальных исследованиях, можно назвать: 1) латентный период реакции на предъявленный стимул, в частности в эксперименте с угашением ориентировочной реакции — по мере угашения ориентировочной реакции латентные периоды КГР имеют тенденцию к увеличению; 2) снижение кожного сопротивления в ответ на предъявленный раздражитель — оно достигает максимальных значений довольно быстро, в течение 0,5—2 с; воз-

врат к исходной величине происходит значительно медленнее и характеризуется большим разбросом показателей, от 3—5 с до 1 мин и выше; колебания кожного сопротивления, как правило, монофазны; 3) амплитуду реакции — она зависит от физического и физиологического уровня раздражителя; по мере угашения ориентировочной реакции, например, амплитуда КГР снижается; кроме собственно амплитуды, величину реакции часто оценивают с помощью таких показателей, как угол подъема 1-й кривой КГР, площадь 1-й и последующих КГР, отношение площади 1-й КГР к количеству КГР до угашения и т. п.; 4) число реакций в единицу времени при выполнении экспериментального задания на решение арифметических задач, на угашение ориентировочной реакции.

Электрокардиография. Методика регистрации электрокардиограммы (ЭКГ) основана на том, что при ритмическом сокращении сердечной мышцы в ней возникают электрические потенциалы. Каждому нормальному циклу сердечной деятельности соответствует комплекс из пяти зубцов, обозначаемых буквами латинского алфавита *P, Q, R, S, T*. Из них три крупных зубца — *P, R, T* — обращены вершинами вверх от изоэлектрической линии, а два других — *Q* и *S* — направлены вниз. В зависимости от целей исследования применяются разные отведения. Наиболее удобными являются стандартные отведения I (когда электроды помещают на правую и левую руки), II (на правую руку и левую ногу) и III (на левую руку и левую ногу).

Экспериментальными показателями служат: 1) частота сердечных сокращений; 2) амплитуда зубцов и соотношение между ними; 3) продолжительность фаз сердечного цикла, определяемая по расстоянию во времени между отдельными зубцами ЭКГ; 4) систолический показатель Фогельсона — Черногорова, представляющий собой выраженное в процентах отношение длительности систолы, измеренной по отрезку *Q—T*, к длительности целого сердечного цикла (*R—R*); 5) дисперсия расстояний между *R*-зубцами.

Измерение артериального давления. Систолическое (максимальное) давление — это показатель энергии, затрачиваемой сердцем на выполнение работы по кровоснабжению организма. В то же время оно характеризует энергию «ответа» сосудистых стенок на волну давления, и поэтому его повышение свидетельствует об усилении сердечной деятельности. Диастолическое (минимальное) давление — показатель периферического сопротивления, сосудистого тонуса и характеризует степень расширения сосудов. Чаще всего в исследовании используются: 1) систолическое и диастолическое давление; 2) пульсовое давление (разность между систолическим и диастолическим давлением); 3) коэффициент выносливости (отношение пульса к пульсовому давлению); 4) различные соотношения этих показателей, в частности при нагрузке к исходному значению.

Таблица 4. Связь практических состояний

Показатель	Состо			
	Функциональный комфорт	Психическое утомление	Психическое напряжение	Отсутствие мотивации
α -индекс	Синхронизированный α -ритм, умеренный уровень активации	Повышенный	Пониженный, увеличение дисперсии индивидуальных значений	Повышенный
Максимальная амплитуда α -ригма	Синхронизированный α -ритм, умеренный уровень активации	Повышенная	Пониженная, увеличение дисперсии индивидуальных значений	Повышенная
Асимметрия ΔT	Слабоположительные значения	Снижение до отрицательных значений	Повышение	Снижение или без изменений
Отношение λT	Несколько > 1	Уменьшение до < 1	Повышение	Снижение или без изменений
Доминирующая частота	Синхронизированный α -ритм, иногда θ -активность	—	Повышение общей частоты, появление β - и θ -волн	—
Автокорреляционная функция	—	Снижение средней частоты, повышение дисперсии амплитуд лобных отведений	—	—
Средний уровень высоких корреляций в матрице	Повышенный	Сниженный	Повышенный	Сниженный
Межполушарная асимметрия	Левосторонняя	Правосторонняя	Левосторонняя повышенная	Левосторонняя сниженная, перемежающаяся с правосторонней
Вызванные потенциалы	—	Увеличение латентности амплитуд позитивных волн	Снижение амплитуды поздних компонентов, увеличение ранних ответов	Локальные ответы
$K_{3/0}$	—	Сниженный	Повышенный	Сниженный
КГР	Спонтанные колебания кожного потенциала	Увеличение кожного сопротивления	Значительное увеличение кожного потенциала, падение сопротивления	Увеличение кожного сопротивления

* Здесь и в табл. 5 прочерк — нет данных.

с электрофизиологическими показателями

яние

Эмоциональный стресс	Монотония	Тревожность	Индифферентное
Сниженный, увеличение дисперсии	Повышенный	Пониженный, высокая вариативность сле-ва	—
Увеличение дисперсии	Повышенная	Пониженная, нерегулярный α -ритм	—
—	Снижение до отрицательных значений	—	—
—	Снижение до отрицательных значений	—	—
Появление Θ - и Δ -волн в комплексе с высокими частотами	Снижение общей частоты	Повышение средней частоты	Тенденция к снижению общей частоты
—	Снижение средней частоты и дисперсии амплитуд лобных отведений	—	—
Сниженный	Сниженный	Усиление синхронизации в коре	Сниженный
Правосторонняя	Правосторонняя	—	Слабовыраженная
—	Увеличение латентности и амплитуды позитивных колебаний	Увеличение латентности фронтальных позитивных колебаний	Локальные ответы
Сниженный	Сниженный	Повышенный	Сниженный
Увеличение кожного потенциала, падение сопротивления	У низкоактивированных — рост кожного сопротивления, у высокоактивированных — падение, у средних — неустойчивое	Увеличение количества спонтанных колебаний и их амплитуд	Редкие спонтанные быстроспонтанные колебания

Показатель	Состо			
	Функциональный комфорт	Психическое утомление	Психическое напряжение	Отсутствие мотивации
Пульс	Устойчивый, быстро восстанавливающийся	Сниженный	Учащенный, с изменением ритмичности, снижением вариативности интервалов R-R-зубцов	Значимых изменений нет
Артериальное давление	—	Сниженное	Рост диастолического и систолического давления	—
Температура кожи	Некоторое повышение температуры рук и лба	—	Голова — повышение, руки — снижение, градиент — увеличение	—
Дыхание	—	—	Повышение (понижение) частоты, сокращение фазы выдоха	—

Термометрия, термография. Достаточно надежной и наглядной оценкой изменения функционального состояния человека является показатель температуры тела, хотя в психологических исследованиях он используется редко. В тех случаях, когда его включают в экспериментальные методики, чаще всего измеряют температуру рук, висков и лба как наиболее доступных точек тела. Методы обработки данных зависят от способа регистрации. При анализе к термограмме можно применить корреляционные методы. В случае дискретных измерений температуры пользуются фоновыми показателями и их соотношением с температурой в изучаемом состоянии.

Пневмография, спирометрия. Показатели интенсивности дыхания можно разделить на три группы: характеризующие дыхание на участке наружный воздух — альвеолярный воздух; оценивающие дыхание на участке воздух — кровь легочных капилляров; указывающие на количество газов в крови, в основном процент насыщения артериальной крови кислородом, т. е. оксигенацию крови. Наиболее доступными являются показатели первой группы. Это ритм, частота и глубина дыхания, минутный объем дыхания, легочная вентиляция, жизненная емкость легких и др.

Ритм, частота и амплитуда дыхания (его глубина) определяются с помощью пневмографа, основным элементом которого является датчик. Жизненная емкость легких измеряется спирометром. Этот показатель существенно зависит от трудности выполняемой работы. Произведение объема вдоха (в литрах)

яние			
Эмоциональный стресс	Монотония	Тревожность	Индифферентное
Уреженный или учащенный	Сниженный	Уреженный или учащенный	Значимых изменений нет
Рост систолического и диастолического давления	Сниженное	Рост систолического и диастолического давления	—
Голова — снижение, руки — повышение, градиент — снижение	Сниженная	Голова — повышение, руки — снижение, градиент — повышение	—
Урежение, иногда углубление с „захватыванием“ воздуха	—	Урежение	—

на частоту дыхания в одну минуту дает характеристику минутного объема дыхания.

Физиологические показатели, рассмотренные выше, соотносены с практическими состояниями, описанными во второй главе, в табл. 4, составленной на основе обобщения литературных данных. Таблица имеет прежде всего иллюстративный характер, и речь может идти только о тенденциях. Для конкретного индивида направление изменения параметров иногда отличается от приведенного. Кроме того, следует учитывать, что в литературе определенное состояние понимается по-разному. Тем не менее некоторые тенденции прослеживаются весьма наглядно. Более надежно для диагностики состояния — использование сочетания признаков, полученных разными способами.

3.2. ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Исследование психомоторики. Наиболее распространенными среди этих методов являются тремометрия, оценка проприо-чувствительности, динамометрия, стабелография.

С помощью тремометрии определяются спонтанная мышечная активность и рабочий тонус двигательной системы. Обычно находят характеристики статического и динамического тремора, которые выражаются в числе касаний испытуемым металлическим стержнем опорной пластины.

Проприо-чувствительность оценивают, как правило, кинсма-тометром М. И. Жуковского, имеющим несколько модифика-

ций. При этом определяются успешность угадывания заданных экспериментатором углов (пассивное движение), точность отмеривания углов, величина которых задается экспериментатором, и воспроизведения углов отклонения ложа кинематометра вслед за предъявлением эталонного стимула. Различительную чувствительность характеризует дифференцирование углов отклонения ложа на возрастание и убывание угла от исходного.

Посредством динамометров определяются сила рук и становое усилие, т. е. сила мышц разгибателей спины.

Стабилография нацелена на изучение способности поддерживать равновесие тела, что устанавливается с помощью спе-

Таблица 5. Связь практических состояний с пси

Показатель	Состо			
	Функциональный комфорт	Психическое утомление	Психическое напряжение	Отсутствие мотивации
КЧМ (лабильность зрительного анализатора)	Значения, близкие к индивидуальной норме	Снижение	Увеличение	Снижение
Время сенсомоторной реакции	Значения, близкие к индивидуальной норме, снижение вариативности ответов	Повышение времени, увеличение разброса значений у слабых, уменьшение времени и вариативности, извращение „закона силы“ у сильных	Повышение разброса значений	Снижение времени
Психомоторика	Значения, близкие к индивидуальной норме	Увеличение амплитуды и частоты тремора	Увеличение частоты и амплитуды тремора, рост асимметрии, повышение темпа в теппингтесте, увеличение кистевой силы	—
Оценка состояния: субъективная	—	Увеличенное ощущение усталости	—	Затрудненность общения, медлительность, сонливость, неспособность сконцентрировать внимание и слушать, обеспокоенность посторонними делами
баллы (см. табл. 6)	10—11	7—11	14—17	7—11
Тест Люшера	—	Красный — зеленый	Фиолетовый — коричневый	Суммарная оценка < 5
САН	—	Снижение активности	Снижение самочувствия	Снижение активности

циальных приборов. При анализе кривых колебаний тела исследователи ориентируются главным образом на подсчет средней амплитуды колебаний и их частоты, общей площади кривой.

Изучение сенсомоторной активности. Наиболее простые методы исследования сенсомоторной активности направлены на регистрацию времени реакции в различных вариантах.

Простая сенсомоторная реакция позволяет оценить уровень функционального состояния на разных стадиях работы или в разных состояниях. При этом определяются следующие показатели: 1) изменение среднего времени реакции под влиянием

хофизиологическими и психологическими показателями

ание

Эмоциональный стресс	Монотония	Тревожность	Индифферентное
Увеличение	Существенное уменьшение	Увеличение	—
Увеличение или уменьшение времени, резкое увеличение разброса значений	Некоторое повышение времени, увеличение разброса, извращение „закона силы“	У сильных — уменьшение, у слабых — увеличение времени	—
—	—	У сильных — повышение точности и скорости, у слабых — снижение	—
Ощущение сухости во рту (иногда влажности), скованность	Увеличение ощущения утомления	—	—
16—20	3—11	14—20	7—11
Серый — черный	Суммарная оценка < 5	Желтый — синий	—
Снижение самочувствия	Снижение настроения	Снижение настроения	—

нагрузки, 2) динамика изменения среднего времени реакции от серии к серии, 3) вариативность времени реакции и ее динамика от серии к серии.

Реакция на движущийся объект дает возможность оценить сдвиги с помощью таких показателей, как: 1) число запаздывающих и опережающих реакций, 2) сумма запаздывающих и опережающих реакций, 3) производные показатели.

Реакция выбора может быть проанализирована определением показателей, характеризующих среднее время реакции, приращения времени реакции под влиянием увеличения числа стимулов, статистики указанных показателей (вариативность, асимметрия, эксцесс).

Исследование лабильности зрительного анализатора. Лабильность, по Н. Е. Введенскому, определяется числом подаваемых электрических импульсов, воспринимаемых нервом за единицу времени в точном соответствии с ритмом раздражения. Считается, что уровень функционального состояния и лабильность связаны прямой зависимостью.

О лабильности можно судить по предельной (критической) частоте слияния световых мельканий, предъявляемых испытуемому. Обычно критическую частоту слияния световых мельканий (КЧМ) определяют двумя способами: при увеличении частоты от явно воспринимаемых колебаний как отдельные до их слияния («снизу») и при уменьшении частоты до того момента, пока колебания не станут восприниматься как отдельные («сверху»). При оценке лабильности анализатора и его функционального состояния обычно определяют частоту слияния световых мельканий и частоту их появления, а также вариативность этих показателей в различных сериях экспериментов.

Общие тенденции соотношения практических состояний с психофизиологическими и психологическими показателями иллюстрирует табл. 5, составленная по литературным данным.

3.3. ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Для оценки психического состояния человека разработан целый ряд методов. Считается, что при этом можно использовать любую методику, нацеленную на изучение психических процессов. Ниже мы опишем только методики, специально разработанные для оценки состояния.

Методика Спилбергера — Ханина. Эта методика представляет собой опросник, предназначенный для оценки тревожности как состояния и свойства личности. Испытуемому предлагается ответить на вопросы шкалы самооценки, указав, «как он себя чувствует в данный момент» (реактивная тревожность, вопросы 1—20), либо «как он себя чувствует обычно» (личностная тревожность, вопросы 21—40). На каждый вопрос возможны

четыре варианта ответов, различающихся по степени интенсивности («вовсе нет», «пожалуй так», «верно», «совершенно верно» — для состояния тревожности) и частоте («почти никогда», «иногда», «часто», «почти всегда» — для личностной тревожности). На бланке ответов зачеркивается их порядковый номер. Обработка данных проводится в соответствии с ключом. По результатам все испытуемые делятся на три группы: низкотревожные — до 30 баллов, умеренно тревожные — от 31 до 45, высокотревожные — от 46 баллов и выше.

Испытуемые, относящиеся к категории высокотревожных, склонны в широком диапазоне ситуаций воспринимать угрозу своей самооценке, престижу, физическому или психическому здоровью и реагировать состоянием выраженной тревожности. Эта группа людей требует особого внимания и осторожности при постановке задач и целей деятельности. Излишнее подчеркивание значимости результата или ориентации на высокий результат, как и сомнения в возможности субъекта успешно справиться с задачей, не желательны. У низкотревожных вероятность развития состояния тревожности низка, хотя и не исключена в значимых ситуациях.

Тест дифференцированной самооценки функционального состояния (САН). Метод оценивания заключается в том, что испытуемого просят соотнести свое состояние с рядом признаков. Степень выраженности каждого признака устанавливается по многоступенчатой шкале, и, таким образом, результаты квантуются.

Тест САН, названный по первым буквам слов «самочувствие, активность, настроение», представляет собой лист бумаги, на котором напечатаны 30 пар слов противоположного значения, отражающих различные стороны этих категорий состояния. Каждую категорию характеризуют 10 пар слов. Между парами слов расположены цифры 3—2—1—0—1—2—3, и задача испытуемого состоит в том, чтобы выбрать и отметить цифру (обвести кружком), наиболее точно отражающую его состояние в момент обследования. Каждую категорию характеризуют три показателя: средняя арифметическая, среднеквадратичное отклонение, ошибка средней арифметической. Величина отклонения оценки по любой паре слов от средней арифметической в ту или другую сторону не превышает 1 балла оценочной шкалы.

При анализе функционального состояния испытуемых возможно использование не только абсолютных величин оценок активности, самочувствия и настроения, но и их соотношения. Так, например, у отдохнувшего человека все три категории оцениваются близкими цифрами, по мере нарастания усталости разница между средними оценками самочувствия и настроения увеличивается за счет относительного снижения значений самочувствия и активности по сравнению с настроением.

Тест Люшера. Полный вариант теста Люшера представляет собой семь наборов различных цветов и в общей сложности включает 73 цветные карточки. Результаты теста дают обширную информацию об осознанных и неосознанных стремлениях индивида и зонах психического стресса. Проведение полного теста занимает 5—7 мин, процедура его очень проста, однако интерпретация результатов требует обучения и основательной психологической подготовки.

Более распространен 8-цветовой вариант теста, и хотя он дает меньше информации, все же его можно считать вполне приемлемым, поскольку он освещает существенные аспекты личности и в тех случаях, когда возникает психический или физиологический стресс, обращает внимание на его зоны.

Тест состоит в том, что испытуемый отбирает цвета в нисходящем порядке предпочтения. Видя, какое место в ряду занимает данный цвет, исследователь может определить «функцию», которую он выполняет, поскольку субъективные отношения к различным цветам колеблются от самой сильной до самой слабой симпатии. Положение цвета в ряду существенно изменяет его интерпретацию при анализе личностных характеристик, выявленных с помощью теста.

Самооценка состояния по субъективной шкале. При изучении некоторого психического явления с помощью теста мы как бы «навязываем» испытуемому «правила игры» и варианты ответов. Это обстоятельство может исказить истинное положение вещей и дать исследователю неадекватную картину состояния испытуемого. Именно по этой причине необходимо использовать также самоотчеты, самооценки, интервью и другие методы. Однако чтобы не слишком затруднить последующую обработку и интерпретацию данных, приходится прибегать к компромиссным решениям. В качестве одного из вариантов его можно предложить самооценку с помощью субъективной шкалы. Это, во-первых, позволяет выбирать неограниченное число шкал, причем шкалу может предложить и сам испытуемый, и, во-вторых, уровень некоторого состояния испытуемый будет оценивать на основе собственных критериев. В качестве варианта решения проблемы измерения и единиц измерения используется шкальная оценка.

Рассмотрим одну из возможных процедур построения субъективной шкалы и вывода на ее основе шкальных оценок. Допустим, надо получить шкальные оценки общего состояния «Уровень эмоционального возбуждения». Для сбора экспериментальных данных изготавливается линейка, одна сторона которой проградуирована от 1 до 100, а вторая — чистая, концы ее означают соответственно минимально возможную и максимальную интенсивность исследуемого параметра. Испытуемому предъявляется сторона, не имеющая делений. На линейке есть визир, с помощью которого испытуемый отмечает по

своей стороне интенсивность переживаемого в настоящее время состояния, а экспериментатор смотрит с обратной стороны соответствующее численное его значение.

Процедура накопления экспериментального материала заключается в том, что ряд испытуемых производит оценку своего состояния по линейке. Один испытуемый может давать самооценку многократно, важно, чтобы каждый раз он находился в разных состояниях. Чем больше испытуемых и разнообразнее экспериментальные ситуации, тем лучше. Число наблюдений (испытуемые+ситуации) связано с числом градаций соотношением

$$n \leq l^2,$$

где n — число наблюдений (испытуемые+ситуации); l — число градаций шкалы нормированных показателей.

Допустим, $l=20$, тогда $n=400$, однако на практике эти цифры обычно больше. Число градаций «сырых оценок» линейки m (мы выбрали их от 1 до 100) должно быть как можно большим, так как это облегчит процедуру перехода от шкалы «сырых оценок» m к ряду l шкальных оценок. При получении необходимого числа наблюдений n строится вариационный ряд и производятся операции по преобразованию экспериментального распределения в нормальное, предложенные В. Гутяром. Шкальные и «сырые» оценки параметра «Уровень эмоционального возбуждения» приведены в табл. 6.

Таблица 6. Перевод «сырых» оценок параметра
«Уровень эмоционального возбуждения»
в шкальные (баллы)

Шкальная	„Сырая“	Шкальная	„Сырая“
1	0—6	11	43—50
2	7	12	51—58
3	8	13	59—64
4	9	14	65—71
5	10—11	15	72—76
6	12—14	16	77—82
7	15—20	17	83—87
8	21—27	18	88—90
9	28—35	19	91—93
10	36—42	20	94—100

Глава 4

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Трудовая деятельность человека осуществляется в постоянном взаимодействии с окружающей средой. Совокупностью факторов природной и технической среды, т. е. прежде всего физическими и химическими факторами, определяются конкретные условия деятельности. Само собой разумеется, что человек в трудовой деятельности взаимодействует и с социальной средой. Однако исключительная специфика социальных факторов в порождении экстремальных условий делает нецелесообразным рассмотрение их в ряду химических и физических факторов среды. Некоторые аспекты влияния факторов социальной среды рассматриваются в предыдущих главах.

Конкретные условия деятельности могут существенно влиять на психические и жизненно важные организменные функции человека. Если влияние факторов (с учетом их взаимодействия) в конкретных условиях деятельности таково, что обеспечивается нормальное осуществление психических и жизненно важных функций организма, не возникает высокого напряжения компенсаторных систем организма и успешно выполняется заданная трудовая деятельность, то такие условия могут быть определены как благоприятные, или *комфортные*, а в наилучших случаях — как оптимальные. Если же в силу действия факторов возникает высокое напряжение компенсаторных систем организма, то такие условия могут быть определены как неблагоприятные, или *дискомфортные*, а при выраженном неблагоприятном эффекте — как экстремальные (от латинского *extremus* — крайний). Максимальная экстремальность условий характеризуется предельно переносимыми значениями одного или нескольких факторов среды, при которых ограниченное время психические и жизненно важные функции организма сохраняются на уровне, обеспечивающем минимум деятельности. В этом случае одной из главных, а иногда

и единственной целью деятельности становится поддержание жизни, ее спасение.

При проектировании рабочих мест сложных систем, предназначенных, как правило, для работы в особых условиях, предельно переносимые величины факторов являются основой для расчета средств и методов защиты и спасения в аварийных ситуациях. Планируемое пребывание человека в экстремальных условиях для выполнения необходимой (из-за особенностей технологического процесса, возникновения неисправностей и т. п.) деятельности реализуется в проектировании тоже на основе предельно допустимых величин факторов. При этом продолжительность пребывания определяется особенностями вредного действия факторов на состояние и здоровье человека, возможностями использования защитных средств и их эффективностью, трудностью деятельности и т. д.

Однако человек может быть связан с необходимостью выполнения деятельности в экстремальных условиях не только эпизодически (аварии, неисправности, особенности технологического процесса), но и постоянно, в силу специфики профессии (например, водолазы, космонавты, где эта специфика представлена наиболее ярко). Факторы экстремальных условий, помимо прямого неблагоприятного воздействия на организм человека, могут вызывать повышенное психическое напряжение, связанное с чувством страха, переживанием опасности и т. п.

Практика и результаты научных исследований убедительно показывают, что успешность деятельности человека в экстремальных условиях определяется многими субъективными факторами. Это и чувство долга, и воля, и эмоциональная устойчивость, и состояние здоровья, и т. д. Важнейшим субъективным фактором является уровень профессиональной подготовки. Высокий уровень знаний, умений и навыков — необходимое условие не только качественного выполнения работы, но и сохранения эмоциональной устойчивости, предотвращения паники и развития генерализованных защитных, стрессовых, реакций.

Поскольку экстремальные условия могут сложиться под влиянием факторов разной природы, а неблагоприятное действие факторов может быть не только при увеличении, но и в ряде случаев при определенном уменьшении их значений, то следует всегда иметь в виду разнообразие и сложность механизмов действия экстремальных условий на состояние и работоспособность человека. Изучение этих механизмов является одной из основных задач эргономики.

4.2. МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Действие температурного фактора окружающей среды на человека обусловлено наличием функциональных систем терморегуляции и производством тепловой энергии в организме, постоянным тепловым обменом организма с окружающей средой, целенаправленным применением человеком в своей повседневной жизни и деятельности средств регуляции теплообмена. Температура внутренней среды человека, как известно, поддерживается на уровне около 37°C . Суточные колебания температуры обычно не превышают $0,5^{\circ}\text{C}$. Отклонение температуры тела человека за пределы ниже 25°C и выше 43°C несовместимо с жизнью. При температуре выше 43°C начинается денатурация белка. При температуре ниже 25°C интенсивность обменных процессов, прежде всего в нервных клетках, снижается до необратимого уровня. Сохранение и последующее восстановление жизненно важных функций при более низких температурах тела возможно лишь с помощью применения специальных мер (гипотермия как метод в хирургической практике).

В функциональную систему терморегуляции организма человека входят терморецепторы кожи, верхних дыхательных путей, пищеварительного тракта, связанные с нервными центрами межуточного (серый бугор в области гипоталамуса), заднего мозга (продолговатый мозг) и подкорковых узлов (полосатое тело). Эти нервные центры в свою очередь связаны с центрами регуляции сердечно-сосудистой, дыхательной и выделительных систем организма.

Реакции организма, обеспечивающие регуляцию теплового обмена с внешней средой, состоят в изменении дыхательной функции, частоты сердечных сокращений, тонуса и наполнения кровеносных сосудов, особенно капиллярной системы кожи, интенсивности удаления жидкости из организма (главным образом через кожные покровы) и др.

Взаимодействие организма человека с окружающей средой осуществляется постоянно как процесс теплового обмена. В результате метаболизма в организме производится тепло. Эта тепловая энергия используется для поддержания необходимого уровня интенсивности процессов метаболизма при всех проявлениях жизненной активности. В зависимости от конкретных условий организм человека может отдавать часть тепловой энергии во внешнюю среду и (или) получать тепловую энергию извне.

Тепловой обмен организма с внешней средой может осуществляться путем излучения, конвекции (потеря или получение тепла телом от воздушного или водного потока, обтекаю-

щего тело), кондукции (проведение через соприкосновение поверхностей) и испарения. Интенсивность теплового обмена зависит от ряда объективных и субъективных причин:

- метеоусловий и микроклимата, под которым понимается совокупность таких факторов, как температура излучения и температура воздушной среды, влажность, скорость движения и давления воздуха в рабочем помещении;

- теплопродукции организма, зависящей от тяжести выполняемой работы, а при прочих равных условиях от функционального состояния;

- особенностей передачи тепла от внутренних органов к поверхности тела, определяемых величиной тела человека, состоянием тканей различных органов;

- теплоизоляции тела.

Функционирование системы терморегуляции организма направлено на достижение в тепловом обмене состояния теплового баланса с внешней средой. При этом обеспечиваются постоянство температурного режима внутренней среды и необходимое для определенного уровня интенсивности обменных процессов количество тепла. В общем виде уравнение теплового баланса может быть представлено следующим образом:

$$M + S = \pm R \pm C \pm P - E,$$

где M — тепло процессов метаболизма; S — накопленное организмом тепло; R , C , P — тепло, отданное (—) или полученное (+) организмом соответственно путем излучения, конвекции, кондукции; E — тепло, отданное вовне через испарение. Знак «+» или «—» определяется значением температуры соответствующего агента по отношению к температуре человеческого тела.

Тепловая энергия в организме производится в основном (на 95%) за счет протекания сложных биохимических реакций, в которых исходным сырьем являются вещества, содержащиеся в пище.

В комфортных условиях при отсутствии физической нагрузки для нормального осуществления жизненно важных функций в организме человека должно производиться 1700—1800 ккал¹ тепла в сутки или примерно 73 ккал/ч. Это так называемые основные энергозатраты организма взрослого человека средних лет. Они не могут быть ниже без нарушения нормальной жизнедеятельности организма. В силу непрерывности метаболических процессов в организме произведенное тепло должно быть выделено вовне. Поэтому для характеристики теплооб-

¹ В настоящее время в психофизиологических исследованиях используются как единицы измерений системы СИ, так и не входящие в эту систему единицы: ккал (1 ккал = 4,1868 · 10³ Дж), мм рт. ст. (1 мм рт. ст. = 133,322 Па).

мена следует соотнести величину основных энергозатрат с поверхностью тела человека. Тогда может быть получена энергетическая характеристика основного обмена веществ, или величина основного обмена. Например, при поверхности тела, равной $1,8 \text{ м}^2$, основной обмен мужчины среднего возраста будет составлять $40,5 \text{ ккал/ч} \cdot \text{м}^2$. Такая величина основного обмена может быть обеспечена пищей с суточной калорийностью 1800 ккал, при этом следует учитывать, что для нормального обмена веществ в организме общая энергетическая характеристика основного обмена веществ должна обеспечиваться примерно на 11% за счет белков, на 17% — за счет углеводов и на 72% — за счет жиров.

При выполнении работы в организме должно продуцироваться большее количество тепла. Работа, при которой энергозатраты организма составляют не более 2500 ккал, оценивается как легкая. Работа с энергозатратами организма около 5000 ккал в сутки является очень тяжелой. Для нормальной теплопродукции организм человека должен быть обеспечен пищей, калорийность которой в суточном рационе примерно на 20% перекрывает энергозатраты организма. Недостаток пищи как энергоносителя приводит к истощению организма, быстрой утомляемости, снижению работоспособности и качества работы, понижению устойчивости организма к воздействию неблагоприятных условий среды, в том числе температурных. В процессе выполнения работы нередко имеет место кратковременная потеря сознания («голодный обморок»). Тяжелые случаи дистрофии могут привести к необратимым изменениям в обменных процессах, в состоянии отдельных органов и тканей организма.

При недостаточном энергетическом (пищевом) обеспечении вся регуляционная система организма стремится поддерживать температурное постоянство внутренней среды и протекание обменных процессов за счет питательных веществ некоторых тканей организма (прежде всего мышечной). Это может в течение какого-то времени обеспечивать необходимый тепловой баланс. Неблагоприятные температурные воздействия в таком случае создают чрезвычайно тяжелые условия для терморегуляции.

Энергопродукция организма изучается с помощью *методов калориметрии*. Это *прямая калориметрия*, когда используются калориметрические камеры, позволяющие учесть выделяемое вовне тепло; *алиментарная калориметрия*, когда измеряется теплота, выделяющаяся при окислении пищевых продуктов; *респираторная калориметрия* (в модификациях: камерной, свободной с открытой циркуляцией воздуха, свободной с закрытой циркуляцией воздуха), когда изучается обмен газов в легких, по которому, используя термические коэффициенты O_2 и CO_2 , можно получить характеристику энергозатрат.

При проектировании рабочих мест (особенно закрытого типа) тепловой режим можно рассчитывать, исходя из эффективной температуры. Понятие *эффективной температуры* основывается на субъективной оценке конкретных тепловых условий при различных сочетаниях величин температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. При отсутствии движения воздуха и его относительной влажности 100% эффективная температура соответствует температуре воздуха. Эмпирическая субъективная шкала оценок может иметь ряд градаций в диапазоне «комфорт — трудно переносимо».

Комфорт температурных условий оценивается здоровым человеком в зависимости от условий микроклимата (температура окружающей среды, интенсивность тепловой и холодовой радиации, влажность, скорость движения и давление воздуха) и интенсивности работы. Кроме того, ощущение тепловой комфортности может существенно зависеть от климатических условий, свойств одежды человека и его функционального состояния в данный момент времени. Так, в покое или при легкой работе ощущение тепловой комфортности создается при температуре около 21°C, относительной влажности около 60% и скорости движения воздуха не более 0,2 м/с, если отсутствуют достаточно мощные источники теплового и холодового излучения. При тяжелой работе и тех же значениях скорости движения воздуха ощущение тепловой комфортности соответствует температуре около 15°C. Значения относительной влажности воздуха в пределах 40—60% наиболее благоприятны в стабильных оптимальных температурных условиях. Повышение влажности воздуха усиливает неприятные ощущения при высоких и низких температурах воздуха. Уменьшение относительной влажности до 20% несколько расширяет зону теплового комфорта как при повышении, так и при понижении температуры воздуха. Это объясняется тем, что при пониженной влажности повышение температуры воздуха приводит к возрастанию теплоотдачи за счет более интенсивного испарения пота с поверхности тела. При пониженных температурах низкая влажность воздуха несколько уменьшает теплоотдачу в силу снижения его теплопроводности.

Скорость движения воздуха играет важную роль в усилении теплоотдачи организма. Особенно возрастает защитное значение этого фактора, когда температура воздуха становится равной температуре тела или превышает ее и когда теплоотдача организма может осуществляться лишь испарением. Движение воздуха в помещении со скоростью 0,1 м/с практически неощутимо для человека, оно замечается, начиная со скорости 0,2 м/с. При повышении температуры воздуха до 25°C увеличение скорости движения воздуха до 1,0 м/с оценивается как благоприятный фактор. Однако при дальнейшем увеличении скорости движения воздуха (даже при повышении

температуры) усиливаются неприятные ощущения, связанные с воздействием воздушного потока на органы зрения, слуха, дыхания; возрастают энергозатраты мышечной системы при выполнении работы. При скорости движения воздуха около 70 м/с его поток, если он направлен на всю переднюю поверхность тела человека, оказывает такое давление, что мышцы дыхательной системы не могут его преодолеть. При понижении температуры увеличение скорости движения воздуха, усиливая теплоотдачу за счет конвекции и в какой-то мере за счет испарения, вызывает неприятные ощущения и способствует переохлаждению организма.

Экстремальные по тепловому режиму условия приводят, если не принимаются защитные меры, к перегреванию или переохлаждению организма. И перегревание, и переохлаждение может быть местным и общим.

При местном тепловом воздействии большой интенсивности возникают болевые ощущения, ухудшается общее самочувствие, снижается работоспособность или происходит срыв деятельности вообще. При тепловом повреждении кожных покровов — ожоге в зависимости от его тяжести могут проявиться различные расстройства в деятельности жизненно важных функциональных систем организма, вплоть до шока и смерти.

Сильное длительное общее перегревание приводит на фоне возрастающего упадка сил ко все большим затруднениям в выполнении физической и умственной работы. При этом страдают функции внимания, замедляется процесс обдумывания ситуации и принятия решения, удлиняется время сенсомоторных реакций, затрудняется координация точных движений. Возникают болезненные симптомы одышки, перебоев в работе сердца, шума в ушах, головокружения. Без принятия мер защиты происходит не только срыв деятельности, но и серьезные расстройства здоровья с потерей сознания и нарушением функций жизненно важных систем организма (так называемый «тепловой удар»). Общий вид расстройства деятельности и здоровья человека представляет собой и так называемый «солнечный удар», возникающий при действии прямых солнечных лучей на незащищенную голову человека. Он обусловлен тем, что инфракрасное солнечное излучение способно проникать в ткань головного мозга, вызывая эффект перегревания.

Однако практически не менее важно, что значительные сдвиги в деятельности и состоянии организма могут возникать не только в результате собственно перегревания, но и из-за изменения обменных процессов в связи с чрезмерным потоотделением. Усиленное (более 5 л в сутки) потоотделение в течение нескольких дней на основе кумулятивного эффекта вызывает серьезные нарушения водно-солевого обмена. Большая потеря солей при интенсивном потоотделении ведет к обезво-

живанию (дегидратации) тканей организма. Это вызывает потребность в увеличении приема воды. Но увеличение приема воды приводит к усилению вымывания солей. Возникает реакция типа «порочного круга». При этом организм начинает терять во все большем количестве не только хлористый натрий, но и соли калия и кальция, что нарушает регуляцию мышц тела (изменение тонуса, возникновение судорог). В итоге в организме создается отрицательный водный баланс, увеличивается вязкость крови, возрастает распад белка тканей, усиливается легочная вентиляция, повышается нагрузка на сердечно-сосудистую систему, сопровождающаяся увеличением частоты сердечных сокращений до 180 в минуту, подъемом максимального артериального давления до 200 мм рт. ст. Все это резко снижает мышечную силу и выносливость, возможность выполнять физическую работу. При труде операторного типа затрудняется решение основных задач на всех этапах обработки информации (обнаружение, опознание сигнала, оценка ситуации, принятие решения, исполнительское действие, контроль успешности деятельности), возрастает вероятность появления ошибок.

Защитные мероприятия по профилактике перегрева направлены на создание систем регулирования температуры и влажности воздуха в производственных помещениях (кондиционеры, вентиляторы, охлаждающие защитные экраны); защитной одежды; временных режимов труда и отдыха, предусматривающих ограничение пребывания в условиях высокой температуры; специальных питьевого и пищевого режимов, а также проведение специальной тренировки, обеспечивающей усиление адаптационных механизмов.

Местное воздействие холодом может оказывать различное влияние на организм человека в зависимости от того, насколько велико охлаждение и насколько глубоко оно захватывает ткани той или иной части тела. При положительной, но близкой к 0°C температуре воздуха и обычно при работе малой интенсивности возникает поверхностное переохлаждение открытых частей тела. Оно характеризуется неприятными ощущениями, снижением тактильной чувствительности, затруднением в выполнении отдельных рабочих операций. Глубокое местное переохлаждение, возникающее при длительном холодом воздействии на незащищенные или слабо защищенные одеждой части тела человека, сопровождается нарушением кровоснабжения тканей, затруднением движений (например, пальцев рук) и их болезненностью, появлением повышенной болезненной чувствительности на отдельных участках кожи. При этом ухудшаются общее состояние и самочувствие, возникают расстройства здоровья типа миозитов, радикулитов, невралгий, ринитов и т. п.

При местном воздействии минусовых температур поверхно-

стное переохлаждение может привести к обморожению того или иного участка кожи. Глубокое же местное переохлаждение в таких случаях может закончиться обморожением той или иной части тела (чаще всего конечностей) с необратимыми нарушениями во всех тканях, включая костную.

Общее холодовое воздействие в зависимости от его силы и длительности может вызывать переохлаждение организма, которое сначала проявляется в вялости, затем возникают чувство усталости, апатия, начинается озноб, наконец развивается дремотное состояние, иногда с видениями эйфорического характера. Если не принимаются защитные меры, то человек впадает в глубокий, подобный наркотическому, сон с последующим угнетением дыхательной и сердечной деятельности и прогрессирующим снижением внутренней температуры тела. Как показывает медицинская практика, если внутренняя температура тела опустилась ниже 20°C , то восстановление жизненных функций обычно невозможно.

Процессы общего и местного переохлаждения особенно быстро развиваются в воде, в которой теплоотдача организма происходит на порядок интенсивнее, чем в воздухе. При катастрофах на море переохлаждение становится непосредственной причиной гибели значительной части пострадавших. Время, в течение которого человек сохраняет сознание и возможность двигаться при температуре воды около 5°C , редко превышает 30 мин. Борьба с переохлаждением — одна из серьезных проблем обеспечения водолазных спусков и работ под водой.

Меры защиты от переохлаждения в производственных условиях предполагают создание защитных сооружений от ветра на открытых площадках, обогрев производственных помещений, конструирование рабочей одежды с достаточным тепловым сопротивлением. Большое значение имеет также адаптация человека к пребыванию в условиях низких температур.

4.3. ОСОБЕННОСТИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЯМИ ГАЗОВОГО СОСТАВА И ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА

В процессе эволюции у значительной части живых организмов сформировались функциональные системы, достаточно жестко приспособленные к определенному составу газовой смеси — составу, присущему атмосфере вблизи земной поверхности при обычных перепадах давления. При давлении 760 мм рт. ст. (без учета паров воды и возможного загрязнения) в состав атмосферы входят азот, кислород, инертные газы, углекислый газ в следующих соотношениях: $\text{N}_2=78,09\approx 78\%$, $\text{O}_2=20,95\approx 21\%$, $\text{Ar}=0,93\approx 1\%$, $\text{CO}_2=0,03\%$. К такому газовому составу

ву приспособлена и жизнедеятельность человеческого организма.

Дыхательная функция организма человека состоит в осуществлении внешнего, легочного, дыхания, или собственно газообмена между организмом и внешней средой; транспорта кислорода кровью к тканям-потребителям и углекислого газа к легким; внутреннего, тканевого, дыхания, или собственно потребления кислорода и выделения углекислоты в окислительных биохимических реакциях.

Внешнее, легочное, дыхание совершается за счет деятельности мышц грудной клетки и диафрагмы (и передней брюшной стенки при усиленном выдохе). Регуляция дыхания осуществляется сложной системой, представленной рецепторами легких и мышц, участвующих в дыхательных движениях, а также хеморецепторами аортально-каротидной зоны, реагирующими на избыток углекислоты и недостаток кислорода в крови; проводящими путями и центральным отделом (продолговатый мозг, подкорковые образования подбугровой области, кора). Дыхательные движения в покое происходят обычно с частотой 15—18 в минуту при объеме воздуха на каждом вдохе и выдохе около 500 мл.

Транспортировка кислорода от альвеол легких к тканям организма осуществляется движением крови в результате деятельности сердечно-сосудистой системы. В капиллярной системе альвеол легких при вдохе кислород, содержащийся в альвеолярном воздухе, растворяется в плазме крови и соединяется с гемоглобином эритроцитов. В плазме крови в капиллярах альвеол содержится растворенный углекислый газ, а также жидкая легко диссоциирующая угольная кислота и ее бикарбонатные формы. При выдохе углекислый газ поступает в альвеолярный воздух и выделяется вовне.

В процессе дыхания происходят сложные физико-химические реакции, в которых специфически (из-за наличия буферных систем, проницаемых мембран и др.) проявляются общие законы взаимодействия газов и жидкости. В частности, концентрация газа, растворенного в жидкости, пропорциональна парциальному давлению газа над раствором. Газ, растворенный в жидкости, стремится перейти в газовую фазу. Это характеризует напряжение газа в растворе, измеряемое как парциальное давление.

Парциальное давление (p) — давление газа в смеси, которое производил бы газ, если бы занимал объем всей смеси, — рассчитывается по формуле

$$p = (P - p_{\text{H}_2\text{O}})(a/100),$$

где P — давление газовой смеси; $p_{\text{H}_2\text{O}}$ — парциальное давление паров воды; a — объемное содержание газа, %. Приближенные значения парциального давления газов для газовых смесей

и растворов, характеризующих физико-химические процессы дыхания, приведены в табл. 7.

Экстремальные условия могут возникать за счет снижения или значительного увеличения содержания кислорода и (или) повышения содержания углекислого газа во вдыхаемой смеси газов.

Таблица 7. Парциальное давление (p , мм рт. ст.) кислорода, углекислого газа, азота и инертных газов, паров воды в различных средах при дыхании*

Газ	Вдыхаемый воздух	Альвеолярный воздух	Артериальная кровь	Венозная кровь	Выдыхаемый воздух
O ₂	156	90	85	75	110
CO ₂	0,2	33	38	48	29
N ₂ + Ar . .	590	590	590	590	590
H ₂ O	13,8	47	47	47	31

* $p_{H_2O} = 13,8$ мм рт. ст. при температуре воздуха 20°C и относительной влажности 80%; $p_{H_2O} = 47$ мм рт. ст. при температуре человеческого тела 37°C и относительной влажности воздуха 100%.

Снижение содержания кислорода во вдыхаемой смеси до 19% при нормальном атмосферном давлении и без увеличения концентрации углекислого газа практически не влияет на дыхательную функцию и работоспособность. Однако уменьшение содержания кислорода (при тех же условиях) до 17% приводит к усилению дыхания, снижению чувствительности зрения, нарушению координации движений, требующих точности, появлению ошибок в оценке ситуаций, принятии решений. Субъективно эти нарушения могут длительное время не ощущаться человеком как из-за отсутствия выраженного ощущения дискомфорта, так и из-за развивающегося нарушения функции самоконтроля. При нарастающих явлениях гипоксии, т. е. недостатка кислорода в тканях организма, возникают ощущения слабости, головокружения, могут наблюдаться психические нарушения, подобные тем, что имеют место, в частности, при алкогольном опьянении. В условиях нарастающей гипоксии эти явления, как правило, не успевают развиться в связи с потерей сознания, которая может наступить неожиданно для человека.

Содержание кислорода во вдыхаемой смеси ниже 15% при нормальном атмосферном давлении не может обеспечить жизни даже при максимуме деятельности дыхательной системы. Это объясняется тем, что парциальное давление в альвеолярном воздухе, равное 40 мм рт. ст., является критическим. Для

обеспечения такого парциального давления кислорода в альвеолах необходимо, чтобы во вдыхаемом воздухе оно было не менее 114 мм рт. ст.

Однако и 100%-ное содержание кислорода при нормальном давлении также выступает как экстремальный фактор. Дыхание чистым кислородом в таких условиях непрерывно в течение 2—3 суток приводит к поражению легочной ткани и возможному развитию гипоксии из-за нарушения функций легочной ткани.

Экстремальные условия, как отмечалось выше, могут возникать и вследствие накопления углекислого газа во вдыхаемой газовой смеси. При нормальном атмосферном давлении увеличение содержания углекислого газа до 1—2% мало сказывается на общем самочувствии, но ведет к учащению дыхания и снижению работоспособности при повышенных нагрузках. При 5%-ном содержании углекислого газа во вдыхаемой смеси самочувствие резко ухудшается, дыхание становится тяжелым и учащенным, резко снижается работоспособность, возможна потеря сознания. Длительное дыхание газовой смесью с такой концентрацией углекислого газа опасно для жизни. При содержании углекислого газа во вдыхаемой смеси до 10% развивается тяжелое отравление, и даже кратковременное дыхание такой смесью опасно для жизни.

Если газовая смесь характеризуется высокой концентрацией не только углекислого газа, но и кислорода, то ее влияние на организм может быть иным. Так, газовая смесь, содержащая 5% CO_2 и 50% O_2 , используется как средство для оказания помощи при отравлении угарным газом. При этом повышенное содержание кислорода способствует кислородному насыщению крови, а повышенная концентрация углекислого газа резко увеличивает легочную вентиляцию, способствуя выведению отравляющего вещества из организма.

Процентное содержание газов атмосферы, являющееся оптимальным для человека при нормальном атмосферном давлении, становится при значительном изменении давления не только не оптимальным, но и опасным. Такие условия чаще всего создаются в более или менее герметичных помещениях с недостаточной вентиляцией или при неисправности изолирующих дыхательных аппаратов. Изменение давления действует, во-первых, как механический фактор; во-вторых, как фактор, нарушающий равновесие между газовой и растворенной фазами в тканях организма; в-третьих, как фактор, снижающий качество газообмена между организмом и внешней средой; в-четвертых, как фактор, изменяющий физиологический эффект газа (отравляющее действие кислорода, азота и углекислого газа под давлением).

Экстремальное действие измененного давления проявляется прежде всего в дисбаризме, т. е. в нарушениях выравнивания

давления в воздухоносных полостях тела человека с внешним давлением. Эти нарушения могут сопровождаться сильными болевыми ощущениями и привести к серьезным нарушениям здоровья. Выраженность явлений дисбаризма зависит от величины и скорости изменений давления и от проходимости путей, связывающих воздухоносные полости организма с внешней средой. Наиболее уязвимой является полость среднего уха, отделенная барабанной перепонкой и соединяющаяся с внешней средой через так называемую евстахиеву трубу, открывающуюся в полость носоглотки. При нормальной проводимости евстахиевой трубы выравнивание давления в среднем ухе с давлением во внешней среде может осуществляться со скоростью около 380 мм рт. ст./мин. Глотательные движения могут увеличить скорость этого процесса. Задержка в выравнивании давления приводит к снижению слуха даже при незначительной (около 1,5 мм рт. ст.) разнице давлений в полости среднего уха и внешнего. Если изменение давления происходит быстро (более 2280 мм рт. ст./мин), то разница в величине полостного и внешнего давления увеличивается из-за отставания процесса выравнивания. При разнице около 230 мм рт. ст./мин возникают сильные болевые ощущения, перерастающие в мучительную боль с приближением разницы к 380 мм рт. ст./мин. Деятельность при этом может быть полностью дезорганизована, возможна потеря сознания, а дальнейшее нарастание разницы вызывает перфорацию барабанной перепонки. При малой скорости изменения давления такие же явления имеют место в случае нарушения проводимости евстахиевых труб. Болевой эффект может существенно усиливаться за счет недостаточной проводимости путей, соединяющих фронтальные и гайморовы пазухи с внешней средой (через полость носа).

Резкое повышение давления в полости легких по отношению к внешнему давлению может серьезно нарушить дыхательную деятельность, а в тяжелых случаях привести к баротравме, т. е. разрыву ткани легких. Эти явления могут иметь место при так называемой взрывной декомпрессии — разгерметизации кабин, скафандров (если внешняя среда сильно разрежена), быстром всплывании (выбрасывании) водолазов, неисправности изолирующих дыхательных аппаратов и т. п. Увеличение давления газовой смеси, используемой человеком для дыхания (при водолазных спусках, в барокамере и т. п.), в силу ее повышенной плотности сказывается на функционировании голосовых связок и артикуляционных мышц. Так, при давлении, вдвое превышающем атмосферное, меняется тембр голоса (голос становится писклявым), ухудшается разборчивость речи.

Как отмечалось выше, количество газа, растворенного в тканях организма, зависит от внешнего давления. При декомпрессии (переходе от нормального давления к пониженному или от повышенного к нормальному) «излишек» газа должен быть

выведен из тканей организма. Если время декомпрессии согласовано со скоростью освобождения тканей от газа так, что он выделяется через легкие, минуя переход в газовую фазу в самих тканях, то процесс декомпрессии осуществится без нарушения функций, без повреждения тканей организма. Если скорость декомпрессии оказывается более высокой, то в тканях организма и прежде всего в крови образуются пузырьки газа (в основном азота), которые могут закупорить капилляры различных органов (мозга, сердца и др.). Эти явления газовой эмболии определяют характерные для кессонной, или декомпрессионной, болезни нарушения (боли в суставах, нарушения кожной чувствительности, расстройства движений, параличи).

Защитные меры по предупреждению декомпрессионной болезни предусматривают исследование и разработку режимов декомпрессии; замену азота в газовой смеси газом, быстрее выводящимся из организма; применение скафандров (гермокостюмов), обеспечивающих создание давления на тело при падении внешнего давления. Для предупреждения поздних проявлений декомпрессионной болезни и ее лечения используются барокамеры, где создается необходимое давление, а затем по специальным режимам осуществляется декомпрессия.

Нарушение качества газообмена между организмом и внешней средой может быть связано с пониженным атмосферным давлением. Так, при внешнем давлении 70 мм рт. ст. кислород не поступает в организм даже в том случае, если дыхательная смесь состоит из чистого кислорода. Это объясняется тем, что в альвеолах легких всегда содержатся пары воды (при температуре тела 37°C их парциальное давление равно 47 мм рт. ст.) и углекислый газ, парциальное давление которого в легких даже при гипервентиляции не может быть ниже 20—25 мм рт. ст. В сумме это составляет приблизительно 70 мм рт. ст. Для обеспечения жизни парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе должно быть не менее 40 мм рт. ст. Это может быть достигнуто в том случае, если парциальное давление кислорода во вдыхаемом воздухе будет не ниже 114 мм рт. ст., что соответствует высоте около 14500 м над уровнем моря. Такова предельная высота пребывания человека при дыхании чистым кислородом (без скафандра).

Изменение физиологического эффекта газов атмосферного воздуха наблюдается и при повышенном давлении. Дыхание чистым кислородом при давлении 1140 мм рт. ст. (0,5 ати²) в течение рабочего дня может привести к отравлению. При давлении 2660 мм рт. ст. (2,5 ати) отравление наступает через 20—30 мин. Оно проявляется в нарушениях (потере) кожной чувствительности конечностей, возникновении судорог,

² ати — атмосфера избыточная, единица измерения давления, равная величине давления сверх нормального в 1 атм. Общая величина давления выражается в атмосферах абсолютных (ата).

а также в повышении уровня тревоги. В тяжелых случаях происходит срыв деятельности с потерей сознания. Под повышенным давлением начинает проявляться и отравляющее действие углекислого газа, хотя его процентное содержание во вдыхаемой смеси может быть неувеличенным или увеличенным незначительно. Симптомы этого сходны с теми, что имеют место в случае воздействий повышенного содержания углекислого газа при нормальном давлении. Наличие углекислого газа в дыхательной смеси, вдыхаемой под давлением, существенно усиливает наркотическое действие азота, которое начинает проявляться при давлении воздуха около 2660 мм рт. ст. (2,5 ати). Сначала наблюдаются некоторая эйфория (беспричинная веселость), снижение самоконтроля в поведении. Развитие отравляющего действия (при повышении давления примерно до 9000 мм рт. ст., т. е. до 10 ати) сопровождается нарушением оценки ситуации, немотивированными поступками, возникновением галлюцинаций, неспособностью выполнять заданную деятельность. Затем, при длительном пребывании в таких условиях или при дальнейшем увеличении давления, появляются вялость, апатия, спутанность сознания и глубокий наркотический сон, заканчивающийся в тяжелых случаях отравления смертельным исходом.

Меры предупреждения отравляющего действия газовой смеси при дыхании предусматривают замену азота нейтральным газом, например гелием; исключение из смеси углекислого газа; обеднение смеси кислородом с таким расчетом, чтобы его парциальное давление в смеси под давлением было близким к парциальному давлению кислорода в атмосферном воздухе при нормальном давлении.

Особую группу составляют экстремальные условия, образующиеся за счет действия вредных газовых примесей воздуха. Это могут быть загрязнения компонентами тех веществ, которые используются или возникают в технологическом процессе, входят в состав топлив и оборудования. Таковы пары технических жидкостей, горюче-смазочных веществ, топлива, аккумуляторные газы, пары ртути и т. п.; выхлопные газы, пороховые газы, угарный газ, озон и др. (т. е. продукты сгорания и электризации); аммиак, сероводород и др. (продукты, выделяющиеся при биохимических реакциях); вещества, выделяющиеся из некоторых синтетических материалов, используемых в машиностроении, строительстве и т. п.

Действие вредных газовых примесей на организм человека различно. Оно может привести и к тяжелым соматическим повреждениям, и к психическим расстройствам, в которых в зависимости от отравляющего агента могут преобладать и депрессия, и эйфория, и агрессивность, и т. д. Нередко появляются боли в различных органах, сильная головная боль, затруднения в восприятии и мышлении. Механизмы действия

примесей разнообразны. Они могут нарушать процессы тканевого метаболизма, блокировать защитные механизмы, приводить к расстройству ферментных и катализаторных систем и т. п.

Выраженное отравляющее действие многих примесей происходит при очень малом содержании их во вдыхаемом воздухе. Так, например, угарный газ при концентрации всего 0,001% через несколько часов может вызвать отравление. Это значит, что данное вещество может накапливаться в организме (свойство, характерное для многих вредных примесей). Накопление в принципе может основываться на разных физических и биохимических реакциях. Для угарного газа оно обусловлено реакцией с гемоглобином крови. При этом образуется карбоксигемоглобин — соединение, намного более стойкое, чем соединение гемоглобина с кислородом (оксигемоглобин). Кроме того, реакция образования карбоксигемоглобина идет значительно активнее, чем оксигемоглобина. В зависимости от количества карбоксигемоглобина нарушается в той или иной мере транспортная функция дыхания и развиваются явления гипоксии. О том, насколько интенсивно идет блокирование гемоглобина, можно судить хотя бы по тому, что при 1%-ной концентрации окиси углерода во вдыхаемом воздухе для тяжелого отравления достаточно сделать несколько вдохов.

Не останавливаясь на механизмах действия других примесей, подчеркнем, что в задачи эргономики должна прежде всего входить разработка эффективных методов контроля газовой среды и необходимых мер защиты с учетом характера выполняемой работы.

4.4. ВЛИЯНИЕ УСКОРЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

Современные транспортные средства позволяют достигать чрезвычайно высоких скоростей движения, а это означает, что на человека в течение какого-то времени должно воздействовать ускорение, под которым понимается изменение скорости движения по величине и (или) по направлению. Ускорения могут по-разному влиять на состояние человека. Эффект воздействия будет, естественно, зависеть от величины разницы в скорости; времени, в течение которого эта разница образуется; длительности действия ускорения. Кроме того, из-за особенностей строения человеческого тела существенными оказываются вид ускорения и направление ускорения по отношению к телу.

Величина ускорения характеризуется числом $K = a/g$, показывающим, во сколько раз данное ускорение превосходит ускорение, вызываемое силой земного притяжения (как известно, сила земного притяжения при отсутствии сопротивления возду-

ха приводит к ускорению свободно падающего тела, равному $9,81 \text{ м/с}^2$). Результатом действия ускорения является перегрузка, значение которой (число отвлеченное) показывает, во сколько раз сила, вызывающая ускорение, превосходит силу земного притяжения, т. е. во сколько раз тело в ускоряющемся движении становится «тяжелее» тела в покое. Таким образом, по величине ускорения g можно оценить возникающую перегрузку.

По виду различают ускорения прямолинейные, радиальные, угловые и кориолисово; по направлению — продольные (от ног к голове — отрицательные, от головы к ногам — положительные) и поперечные (от груди к спине и от спины к груди). Угловое ускорение связано с изменением угловой скорости и появляется одновременно с радиальным. Кориолисово ускорение возникает при одновременном вращении тела в двух плоскостях и при изменении радиуса вращения, т. е. угловой скорости в одной из плоскостей. Появление перегрузок характерно для прямолинейных и радиальных ускорений, где этот эффект выражен настолько, что маскирует таковой при угловом и кориолисовом ускорениях. Однако угловое и кориолисово ускорения также воздействуют на вестибулярный аппарат, вызывая или усугубляя его специфические реакции.

В повседневной жизни человек практически постоянно испытывает воздействие ускорений, которые в нормальных условиях редко превосходят $0,2g$ (разгон и остановка скоростного лифта, поезда, трамвая и т. п.). При взлете пассажирского самолета или экстренном торможении поезда ускорение обычно не превышает $0,5g$. Такие величины ускорения, учитывая относительную кратковременность их воздействия, не вызывают особого изменения состояния и не создают особых неудобств для пассажиров, но для работы пилота и машиниста они не безразличны.

Действие ускорений на работающего человека вызывает ряд изменений в его состоянии. Увеличивающаяся физическая нагрузка из-за необходимости преодолевать действующие силы приводит к тому, что повышается напряжение мышц, интенсифицируются обменные процессы, усиливается сердечная и дыхательная деятельность. Так, например, при продольном ускорении от ног к голове, равном $3g$, требуется затратить значительные усилия, чтобы поднять руку до уровня плеча, переставить ногу в положении сидя. Из-за возрастающей «тяжести» конечностей и всего тела затрудняются рабочие движения, снижается подвижность. Происходит смещение кожных покровов и внутренних органов, нарушается кровообращение. В частности, при выходе самолета из пикирования мышцы век не могут удержать «сползание» век на глаза, а сердце не может в достаточной мере обеспечить кровоснабжение мозга.

Характер нарушений в состоянии человека при действии

отрицательного продольного ускорения в течение 10 с выявили исследования, проведенные в авиации (табл. 8). При ускорениях большей длительности указанные явления усиливаются, могут сопровождаться кровоизлияниями во внутренние органы. Ускорения, направленные от головы к ногам, переносятся более тяжело и при 4,5—5,0 g могут вызвать нарушение целостности кровеносных сосудов головного мозга. Переносимость при поперечно-боковом направлении ускорений в несколько раз выше.

Таблица 8. Зависимость состояния и работоспособности человека от ускорения
(положение сидя, направление ускорений — от ног к голове, время действия не более 10 с)

Величина g	Характер нарушений
2,0—3,5	Затруднение движений, тянущие ощущения в полости живота и груди, затруднения зрительного восприятия показаний приборов
3,5—5,0	Усиление указанных симптомов, потеря периферического зрения (серая пелена)
5,0—6,0	Еще большее усиление указанных симптомов, потеря зрения (черная пелена), потеря сознания

Предел переносимости при коротких ускорениях, длительностью менее 1 с (ударные ускорения), может сдвинуться до 30—35 g, но он зависит от направления ускорения и скорости нарастания ускорения. Например, при продольном ускорении предел переносимости ударных ускорений в 2—3 раза меньше. Ускорения при авариях быстро движущихся предметов могут намного превосходить пределы переносимости (так, при столкновении автомобилей величина ускорения может превышать 100 g).

Защита от вредного воздействия ускорений проводится в следующих направлениях:

— повышение сопротивляемости организма человека к перегрузкам путем физической тренировки, развивающей силу мышц, прочность костно-связочного аппарата;

— предупреждение повреждений от окружающих предметов, элементов оборудования путем конструктивного устранения выступающих, острых граней и углов, а также усиления амортизационных свойств отдельных элементов оборудования за счет их деформации или даже разрушения;

— выбор наиболее выгодной рабочей позы, исходя из необходимости минимизации высоты положения головы по отношению к сердцу и предотвращения по возможности смещения внутренних органов, а также наиболее выгодного распределения нагрузки на костно-мышечную систему;

— создание специальных опор, фиксаторов и увеличение площади опорных поверхностей;

— применение защитной одежды (защитные шлемы с мягкими прокладками, противоперегрузочные костюмы).

Выше были рассмотрены ситуации, характеризующиеся воздействием ускорения при наличии постоянно действующей силы земного притяжения. В условиях космического полета отсутствие силы земного притяжения (невесомость) также приводит к изменениям в состоянии организма человека.

Пребывание в условиях невесомости вызывает перестройку практически во всех функциональных системах организма. Наиболее серьезные для выполнения работы проблемы возникают в первые часы и дни пребывания в космосе. Они связаны с нарушениями координации движений в новых условиях, привыканием к необычному способу передвижения, вестибулярными реакциями и иллюзиями пространственного положения, трудностями пространственных оценок и др. Практика длительных космических полетов показала, что под влиянием невесомости изменяются обменные процессы, деятельность систем кровообращения и кроветворения и т. д.

Вместе с тем длительные полеты советских космонавтов свидетельствуют, что человек может адаптироваться в космосе и успешно работать в течение долгого времени. Однако для этого необходимо проведение в земных условиях профессионального отбора и специальной подготовки, направленной как на овладение деятельностью, так и на развитие требуемого уровня качеств функциональных систем организма, развитие способностей самоконтроля и саморегуляции состояния. В условиях же космического полета оказалось необходимым применение комплекса физических упражнений, обеспечивающих поддержание нужного уровня функционального состояния организма и возможность успешной реадаптации к земным условиям.

Особую группу факторов, неблагоприятно действующих на человека и связанных с ускорением, составляют вибрации, в том числе их разновидности — тряска и качка. Механические колебания любой среды при определенных их характеристиках могут иметь вибрационный эффект воздействия на человека. В производственных условиях вибрационное воздействие человек испытывает при соприкосновении с колеблющимися твердыми поверхностями (пол, ручной инструмент, рабочие поверхности станков). Работа энергетических установок, двигателей, станков, прессов и т. п. также сопровождается возникновением механических колебаний, которые непосредственно, при контакте с такого типа оборудованием, или опосредованно, через другие предметы, могут воздействовать на человека.

Эффект воздействия вибрации на человека зависит от ее характеристик: амплитуды, частоты и периода. Амплитуда виб-

рации, измеряемая в линейных единицах (миллиметрах), показывает наибольшее отклонение колебания, а квадрату амплитуды пропорциональна энергия колебания. Частота вибрации, измеряемая в герцах, показывает число колебаний в секунду, а величина, обратная частоте и измеряемая в секундах, характеризует период колебания.

В зависимости от площади соприкосновения тела человека с вибрирующей поверхностью и от характеристик вибраций их действие на организм человека может быть местным или общим. Местные воздействия влияют на тонус кровеносных сосудов и кровоснабжение тканей организма, снижают кожную чувствительность, вызывают трофические изменения в костях и мышцах. Общие воздействия связаны с резонансными колебаниями отдельных частей тела и внутренних органов. В среднем для всего тела резонансная частота составляет 5 Гц; для сердца, живота и грудной клетки — тоже 5 Гц, для головы — 20, для глазных яблок — 80, для центральной нервной системы — 250 Гц. Эффект воздействия вибраций на организм человека неоднозначен, и одной из причин этого является то, что при разных частотах меняется относительная значимость характеристик вибраций.

Усредненные значения диапазона вибраций от ощутимых до переносимых с трудом (при изменении максимального ускорения от 0,1 до 10 g) характеризуются при разных частотах следующими значениями амплитуды:

Частота (Гц):	Амплитуда (см):
1000	$2,5 \cdot 10^{-6} - 2,5 \cdot 10^{-5}$
100	$2,5 \cdot 10^{-4} - 2,5 \cdot 10^{-3}$
10	$2,5 \cdot 10^{-2} - 2,5 \cdot 10^{-1}$
1	1 — $2,5 \cdot 10$

Первое числовое значение амплитуды соответствует оценке «вибрации ощутимы», а последнее — «вибрации с трудом переносимы».

Сильные вибрации вызывают снижение работоспособности, усталость, нарушения зрения, особенно бинокулярного. При вибрации малой частоты и большой амплитуды с переменным периодом (тряска, толчки при движении по неровной дороге) могут возникать перемещения тела, ушибы, а также затруднения в выполнении рабочих движений. При плавных низкочастотных колебаниях, характерных для качки морских судов и самолетов, в нарушениях состояния и работоспособности начинают превалировать симптомы укачивания («морской болезни»). Эти явления возникают в результате перераздражения рецепторов вестибулярного аппарата и внутренних органов.

Основные мероприятия по защите человека от вибрационных

воздействий сводятся к применению амортизационных материалов и устройств (рукавицы, коврики, мягкие сиденья, рессоры, амортизаторы и т. п.). Большое значение имеет и специальная подготовка, предусматривающая комплексы упражнений, например, для тренировки вестибулярного аппарата.

4.5. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ДЕЙСТВИЕМ ЗВУКА, СВЕТА И ДРУГИХ ФАКТОРОВ

Акустическая среда является важным компонентом в общей среде обитания: человек живет в мире звуков. Параметры акустической среды могут существенно определять и общее состояние человека, и его работоспособность, и успешность деятельности, особенно тогда, когда приходится работать со звуковыми сигналами, воспроизводить речь другого человека.

Центральный отдел слухового анализатора представлен нейронами коры верхней части височной доли, среднего мозга (в области нижних бугров четверохолмия и в медиальном колленчатом теле таламической области) и продолговатого мозга. Исходным моментом в формировании нормального слухового ощущения являются колебания эндолимфы, передаваемые рецепторным клеткам кортиева органа во внутреннем ухе. Эндолимфе колебания передаются от барабанной перепонки через систему слуховых косточек, действующих как усилитель.

Таким образом, сила слухового ощущения при прочих равных условиях оказывается связанной с величиной давления. Очевидно, что слуховое ощущение будет определяться величиной давления на барабанную перепонку, которое создается при распространении акустических волн. Для измерения этого давления используется величина действия силы $1 \cdot 10^{-5}$ Н на квадратный сантиметр, равная 10 Па. На практике для оценки звука наиболее часто применяется логарифмическая уровневая шкала отношений, а в качестве единицы измерения — децибел (дБ).

Экстремальные условия в акустической среде создаются в основном либо при приближении звукового давления к болевому порогу, либо при таких уровнях шума, которые затрудняют прием звуковых сигналов. Болевой порог звукового давления составляет примерно 130 дБ. Однако уже при 100 дБ шум вызывает общее утомление, снижает работоспособность и качество работы, а при 110—120 дБ оказывает угнетающее действие. При уровне шума 110 дБ невозможно непосредственное речевое общение.

В проектировании рабочих мест следует исходить из того, что уровень шума выше 80 дБ недопустим и требует использования средств индивидуальной защиты работников.

Защитные меры предусматривают создание звукоизоляции

рабочих помещений, применение звукопоглощающих материалов и индивидуальных средств защиты (ушные заглушки, наушники, шлемы и т. п.).

Экстремальные условия, возникающие за счет факторов освещенности в производственных помещениях, связаны обычно с различительной и адаптационной функциями зрения.

Зрительный анализатор человека имеет сложные биологические механизмы регулирования поступления световой энергии к фоторецепторам глаза и уровня чувствительности фоторецепторов. Анализатор включает в себя фоторецепторы сетчатки, проводящие пути, подкорковые нервные центры, зрительную кору (затылочная область головного мозга).

При оценке светового воздействия учитываются прежде всего сила света, измеряемая в канделах (кд); световой поток, измеряемый в люменах (лм); яркость, измеряемая в канделах на квадратный метр ($\text{кд}/\text{м}^2$), освещенность, измеряемая в люксах (лк).

Низкая освещенность затрудняет различение деталей, снижает способность цветоразличения. Работа в таких условиях приводит к развитию утомления, появлению ошибок. В производственных помещениях уровни общей освещенности должны быть в пределах от 100 до 500 лк и выше (в зависимости от характера работы). Если же человек работает со светящимися сигналами малой яркости, то уровни освещенности должны быть снижены в 10—20 раз.

Выраженный неблагоприятный эффект вызывают и перепады яркости в поле зрения, резкие перепады освещенности. Это связано с перегрузкой адаптационного механизма зрения. Так, наличие в поле зрения участков поверхностей с перепадом яркости в 5—7 раз вызывает неприятные ощущения, головную боль, снижает работоспособность и качество работы. Особенно неблагоприятно для зрения воздействие слепящей яркости. Абсолютная слепящая яркость равна примерно $22,5 \cdot 10^4 \text{ кд}/\text{м}^2$. Но слепящий эффект может возникать и при меньших значениях в зависимости от исходного уровня адаптирующей яркости. Например, при яркости адаптирующей поверхности в пределах от 32 до $3200 \text{ кд}/\text{м}^2$ значения слепящей яркости находятся в диапазоне 11000—46000 $\text{кд}/\text{м}^2$. Источниками слепящей яркости чаще всего оказываются открытые светильники в производственных помещениях, свет фар автомобилей в ночное время, блики на рабочей поверхности.

Затруднения зрения могут возникать также при постоянной переаккомодации глаз из-за необходимости частого перенесения взгляда на разноудаленные объекты. Эти затруднения, связанные с перегрузкой наружных мышц глазного яблока, могут существенно усилить эффект утомления при напряженной зрительной работе, особенно в неблагоприятных условиях освещенности.

Защитные меры от неблагоприятных воздействий факторов световой среды предусматривают создание достаточных уровней освещенности и равномерности освещения рабочей поверхности, исключение источников слепящей яркости, применение защитных экранов и очков.

Экстремальные условия для человека могут быть связаны с излучением, относящимся не только к видимой части солнечного спектра, но и к невидимой, т. е. с инфракрасным и ультрафиолетовым излучением. Действие инфракрасных лучей рассматривалось выше, среди факторов теплового излучения и терморегуляции организма (см. 4.1).

Ультрафиолетовое излучение занимает в солнечном спектре участок с длиной волн $0,4 \div 0,0136$ мкм. Как известно, это излучение биологически активно. Ультрафиолетовые лучи необходимы для синтеза в организме гистаминоподобных веществ (играющих важную роль в обеспечении нейрорегуляторных процессов) и витамина D (обеспечивающего процессы фосфорно-кальциевого обмена).

Недостаток ультрафиолетового излучения вызывает эффект так называемого «светового голодания». Ультрафиолетовая недостаточность у взрослых проявляется в снижении работоспособности и сопротивляемости к заболеваниям, у детей она может быть причиной развития рахита. Меры профилактики ультрафиолетовой недостаточности предусматривают специальные процедуры ультрафиолетового облучения или введения ультрафиолетового компонента в световой поток, формирующийся в помещениях различными источниками освещения.

Избыток ультрафиолетового облучения может также привести к тяжелым расстройствам здоровья и работоспособности. В производственных условиях избыточное ультрафиолетовое излучение возникает при дуговой электросварке, при работе ртутно-кварцевых горелок и электроплавильных печей.

Ультрафиолетовое поражение организма может проявляться как симптомами общей интоксикации, так и симптомами местного повреждения. Симптомы общей интоксикации обусловлены денатурацией белка и липидов тканей, избыточным образованием активных веществ. К числу таких обменных симптомов можно отнести повышенную утомляемость с явлениями возбуждения и раздражительности, головную боль, плохое самочувствие.

Симптомы местного повреждения возникают в кожных покровах и в органе зрения. Чрезмерное ультрафиолетовое облучение кожных покровов вызывает дерматит, сопровождающийся отеком, болевыми ощущениями, жжением, зудом. Все это может серьезно затруднить выполнение работы или привести к срыву деятельности. Поражение глаз (электроофтальмия) проявляется сильным конъюнктивитом и кератитом. При этом наблюдаются интенсивное слезотечение, режущая боль в гла-

зах, ощущение инородного тела, снижение четкости зрения и светобоязнь. Все эти явления развиваются обычно не позже, чем через 4—5 ч после облучения, и могут привести к полному срыву деятельности.

В естественных условиях поражение кожных покровов ультрафиолетовыми лучами чаще всего наблюдается при нарушении режима облучения солнцем — недостаточной предварительной адаптации к ультрафиолетовому воздействию. В условиях высокогорья, где ультрафиолетовые лучи меньше поглощаются атмосферой и их воздействие усиливается за счет отражения от белой поверхности снега, существует большая вероятность повреждения глаз.

Меры защиты от воздействия ультрафиолетового излучения обычно сводятся к применению очков, защитных масок, козырьков и использованию рабочей одежды, максимально закрывающей кожные покровы.

Развитие радиолокации, радиосвязи, термической обработки металлов и т. п. основано на получении и использовании переменного тока высокой, ультра- и сверхвысокой частоты. Применяемые для этой цели мощные генераторы, трансформаторы, линии передач, антенные устройства создают электромагнитные поля. Высокочастотные колебания (ВЧ) имеют длину волн от 3000 до 10 м, ультравысокочастотные (УВЧ) — от 10 до 1 м, сверхвысокочастотные (СВЧ) — от 1 м до 1 мм. Если рабочие места находятся в зоне индукции, т. е. на расстоянии от источника излучения, меньшем длины волны, что может относиться к ВЧ- и УВЧ-излучению, то характеристика условий дается отдельно по напряженности электрического поля (В/м) и по напряженности магнитного поля (А/м). Это необходимо из-за несоответствия указанных параметров в зоне индукции.

При СВЧ-излучении рабочие места находятся от источника излучения на расстоянии, превышающем длину волны. Это означает, что электромагнитное поле в этой области сформировано и распространяется в виде бегущей волны и может быть оценено по плотности потока излучения (Вт/м^2).

Предельно допустимые величины интенсивности облучения для ВЧ-излучения — 5 А/м и 20 В/м, УВЧ — 0,3 А/м и 5 В/м. Для СВЧ интенсивность облучения в течение всего рабочего дня не должна превышать 10 Вт/м^2 , разовая же доза облучения в течение 15—20 мин за рабочий день не должна быть выше 1 мВт/см^2 .

Интенсивное воздействие ВЧ-, УВЧ- и СВЧ-излучений на человека ведет к развитию астенического синдрома с повышением порогов анализаторов и снижением работоспособности. При этом наблюдаются функциональные расстройства нервной и сердечно-сосудистой систем, изменение структурного и биохимического состава крови, гиперфункция щитовидной железы.

Защита от ВЧ-, УВЧ- и СВЧ-излучений предусматривает создание надежной экранизации.

В ряде случаев экстремальные условия связаны с воздействием радиоактивного излучения. В зависимости от дозы облучения в организме человека могут возникать изменения, не только значительно снижающие его работоспособность, но и полностью нарушающие жизненно важные функции. Для оценки облучения используется как величина поглощенной дозы, так и количество энергии излучения, поглощенной единицей массы облучаемого вещества. Поглощенная доза излучения, равная 100 эргам на 1 г облученной массы вещества, составляет единицу поглощенной дозы — 1 рад = $1 \cdot 10^{-2}$ Гр (грей).

При однократном облучении в течение суток работоспособность сохраняется полностью при незначительных изменениях состояния, если доза не превышает 0,5 Гр (при многократном в течение месяца облучении общая доза не должна превышать 1,0 Гр). При больших дозах облучения возникают лучевые поражения разной тяжести.

Защита человека от радиоактивного воздействия предусматривает создание специальной системы, поглощающей радиоактивное излучение, защиту поверхности тела человека и дыхательных путей, защиту воды и пищи от попадания радиоактивных частиц.

Глава 5

ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ

5.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Эргономическое качество оборудования, т. е. технической части системы «человек — техника — среда» (СЧТС), можно определить как совокупность свойств техники, соответствующих свойствам человека, проявляющимся в процессе трудовой деятельности. Уровень эргономического качества указывает на степень этого соответствия, он устанавливается в ходе эргономической оценки оборудования. Под оборудованием понимается техническая часть СЧТС, предназначенная для взаимодействия с человеком-оператором: рабочее место оператора, оснащенное средствами отображения информации (СОИ), органами управления (ОУ), вспомогательным оборудованием и включающее в себя кресло человека-оператора. Согласно ГОСТу 15467—79, оценка уровня качества продукции состоит из совокупности операций, включающей выбор номенклатуры показателей качества оцениваемой продукции, определение значений этих показателей и сопоставление их с базовыми. На основе оценки эргономического качества оборудования всего предприятия можно составить эргономический портрет промышленного предприятия, т. е. описание организации производственных процессов и характеристику той части основных производственных фондов, которая управляется, обслуживается, ремонтируется производственным персоналом.

Показатели эргономического качества оборудования классифицируются по соответствию антропометрическим (высота, ширина, глубина пульта, высота размещения столешницы пульта, размещение СОИ и ОУ; характеристики кресла человека-оператора; досягаемость ОУ; показатели соответствия ОУ форме и размерам частей тела человека и т. д.), биомеханическим (усилие, величина, направление перемещения ОУ, частота использования ОУ), психофизиологическим (характеристики соответствия техники зрительному и слуховому анализаторам человека) и психологическим свойствам человека-оператора (по-

казатели соответствия техники возможностям человека по приему, обработке информации и по принятию решений).

Базовые значения *антропометрических показателей* эргономического качества оборудования таковы.

Характеристики пульта: общая высота пульта при рабочем положении «сидя» — 1650 мм, «стоя» — не более 1800 мм; высота столешницы пульта при рабочем положении «сидя» — от 530 до 760 мм, «стоя» — около 1100 мм; ширина пульта (обслуживаемого только в рабочем положении «сидя») — от 380 до 660 мм; расстояние от уровня сиденья кресла оператора до нижнего края столешницы пульта (обслуживаемого только в рабочих положениях «сидя» и «сидя или стоя») — от 150 до 250 мм; высота размещения ОУ для рабочего положения «стоя» — от 1000 до 1600 мм, «сидя» — от 530 до 1040 мм; высота размещения СОИ для рабочего положения «стоя» — от 1100 до 1800 мм, «сидя» — от 850 до 1650 мм.

Характеристики кресла человека-оператора: форма сиденья — квадратная; форма спинки — прямоугольная вогнутая, радиус изгиба спинки — от 300 до 400 мм; размер сиденья — 400×400 мм, размер спинки — примерно 300×120 мм; угол наклона сиденья назад — 5—6°, угол наклона спинки — от 5 до 10°; высота подлокотника — должен находиться на одном уровне с поверхностью стола.

Размеры свободного места для ног оператора: высота — не менее 600 мм, ширина — не менее 500 мм, глубина — не менее 400 мм.

Достигаемость ОУ по горизонтали — полукруг радиусом 600 мм.

Расстояния между ОУ (мм): для кнопок — не менее 15; для тумблеров — не менее 19 при размещении во фронтальную линию и не менее 25 при размещении «в глубину» пульта; для поворотных переключателей — не менее 20 при действиях одной рукой и не менее 70 при действиях двумя руками; для рычагов — не менее 50 при действиях одной рукой и не менее 100 при действиях двумя руками; для маховиков и штурвалов — не менее 50 при действиях одной рукой и не менее 100 при действиях двумя руками; для педалей — не менее 200 при действиях одной ногой и не менее 450 при действиях двумя ногами.

Размеры ОУ (мм): диаметр кнопок под указательный палец — 10—15, под большой палец — 30, под ладонь — 50; ширина клавиш — 10—20; для поворотных переключателей типа I (с приводным элементом в виде указателя) длина указателя — от 20 до 90, ширина — от 2 до 15, высота указателя — от 10 до 40; для поворотных переключателей типа II (с приводным элементом в виде круглой ручки для захвата пятью пальцами) диаметр — от 50 до 120, высота — от 38 до 55; для поворотных переключателей типа III (с приводным элементом в виде круглой ручки для захвата двумя-тремя пальцами) диаметр — от 6 до 50, высота — от 12 до 25; для тумблеров широкого применения длина приводного элемента — от 10 до 25, минимальный диаметр — от 3 до 8; для тумблеров специального назначения длина приводного элемента — от 25 до 50, минимальный диаметр — 8—15; для рычагов управления с округлой рукояткой диаметр рукоятки — 30—40, высота — 40—50; для рычагов управления с удлиненной рукояткой диаметр — 20—28, высота рукоятки — 50—100; для маховиков управления и штурвалов при работе двумя руками диаметр обода маховика или расстояние между рукоятками штурвала — 350—400; для маховика при работе одной рукой диаметр обода — 75—80; длина рукоятки на маховике — от 50 до 120, диаметр рукоятки — от 18 до 30; для редко используемых педалей ширина — 90, длина — не менее 75; для часто используемых педалей ширина — 90, длина — 280—300.

Требования по соответствию характеристик машинной части СЧТС биомеханическим свойствам человека предъявляются в основном к органам управления. Базовые значения *биомеханических показателей* эргономического качества оборудования таковы.

Усилие перемещения (ньютоны): для кнопок под указательный палец — 1—8, под большой палец — от 8 до 25, под ладонь — от 10 до 50; для клавишных переключателей типа 1 — от 2,5 до 4,0, типа 2 — от 4 до 16; для поворотных переключателей типа I — от 2,0 до 20, типа II — от 1,6 до 16, типа III — 1—2; для выключателей и переключателей типа «тумблер» широкого применения — от 2 до 3,5; специального назначения — от 3,3 до 5,0; для рычагов управления при работе пальцами — от 5 до 30, кистью — от 5 до 40, кистью с предплечьем — от 15 до 60, всей рукой — от 20 до 150, двумя руками — от 45 до 200; для маховиков управления и штурвалов при работе кистью — до 10, кистью с предплечьем — от 5 до 60, всей рукой — от 10 до 150, двумя руками — от 60 до 200; для ножных педалей при движении стопы — до 100, всей ноги — до 500.

Величина перемещения ОУ: для кнопок под указательный палец — от 2 до 6 мм, под большой палец — от 3 до 8 мм, под ладонь — от 5 до 10 мм; для клавишных переключателей типа 1 — от 3 до 6 мм, типа 2 — от 4 до 10 мм; для поворотных переключателей типа I оптимальный угол поворота от среднего положения — 45°, допустимый угол — 60°; для поворотных переключателей типов II и III оптимальный угол поворота при точной регулировке — 60—80° от среднего положения, допустимый угол — 120°; для рычагов управления минимальный допустимый ход — 50 мм, оптимальный ход для коротких рычагов (длиной до 200 мм) — от 150 до 200 мм, длиной свыше 200 мм — от 300 до 350 мм; для штурвалов при работе без перехвата рук — угол поворота не более 60° в обе стороны от среднего положения, при работе с перехватом рук — не более 120°; для ножных педалей оптимальный ход при движении стопой — от 15 до 60 мм, при движении всей ногой — до 180 мм.

Направление перемещения и положение ОУ при реализации человеком оператором управляющих воздействий типа «пуск», «включено», «увеличение», «плюс», «подъем», «открывание», «вперед», «вправо», «вверх»: для кнопок — нажатое положение; для клавиш — нажатое положение; для тумблеров — перемещение снизу вверх, слева направо, от себя; для рычагов — перемещение снизу вверх, слева направо, от себя; для поворотных переключателей — перемещение по часовой стрелке; для маховиков и штурвалов (кроме управляющих клапанами) — перемещение по часовой стрелке; для маховиков и штурвалов, управляющих клапанами, — перемещение против часовой стрелки; для ножных педалей — нажатое состояние.

Направление перемещения и положение ОУ при реализации управляющих воздействий типа «стоп», «отключено», «уменьшено», «минус», «спуск», «закрывание», «назад», «влево», «вниз»: для кнопок — отпущенное положение; для клавиш — отпущенное положение; для тумблеров — перемещение сверху вниз, справа налево, на себя; для рычагов — перемещение сверху вниз, справа налево, на себя; для поворотных переключателей — перемещение против часовой стрелки; для маховиков и штурвалов (кроме управляющих клапанами) — перемещение против часовой стрелки; для маховиков и штурвалов, управляющих клапанами, — перемещение по часовой стрелке; для ножных педалей — отжатое положение.

Частота использования ОУ (раз в минуту): для кнопок под указательный палец — не более 10, под большой палец — не более 5, под ладонь — не более 3; для клавиш типа 1 — не более 10, типа 2 — не более 1; для тумблеров широкого применения — не более 10, специального назначения — не более 1; для поворотных переключателей типа I (с усилием перемещения 13, 18, 22 Н) и типа II (с усилием перемещения 5,3; 10; 16,6 Н) — соответственно не более 5, не более 2, не более 1; для рычагов управления, маховиков и штурвалов в зависимости от усилия — от 5 до 960 раз за смену (8 ч).

Базовые значения *психофизиологических показателей*, как отмечалось выше, определяют соответствие техники в основном зрительному и слуховому анализаторам человека-оператора.

Показатели соответствия техники зрительному анализатору: освещенность на рабочем месте оператора — 400 лк; яркость свечения индикатора на черно-белой электронно-лучевой трубке (ЭЛТ) — не менее 0,5 кд/м², минимальная яркость свечения индикатора на цветной ЭЛТ — 17, оптимальная — 170 кд/м²; контраст прямой оптимальный — 80—90%, допустимый — 60—90%, контраст обратный для самосветящихся индикаторов — не менее 20%; время представления сигнала для опознания — не менее 2 с; движение отметки сигнала на экране при наличии ориентира распознается при скорости 1—2' в секунду, без ориентира — 15—30' в секунду; размеры знаков на экране в зависимости от сложности — от 15 до 40'; частота кадров для интегральных визуальных индикаторов — не менее 50 Гц; ширина линии на экране индикаторной ЭЛТ знакографического дисплея — не менее 1 мм при дистанции наблюдения 0,3—0,7 м.

Показатели соответствия техники слуховому анализатору: частота для аварийных неречевых сообщений — 800—5000 Гц, предупреждающих — 200—800, уведомляющих — 200—400 Гц, соответственно предельно допустимый уровень звукового давления сигналов — 120, 115 и 110 дБ; длительность отдельных сигналов и интервалов между ними — не менее 0,2 с, длительность интенсивных сигналов — не более 10 с.

Базовые характеристики *психологических показателей* эргономического качества оборудования включают в первую очередь показатели соответствия техники возможностям человека по восприятию информации, т. е. информационного соответствия индикатора предъявляемой информации и соответствия формы отсчета устройств индикатора направлению движения отображаемого параметра (объекта). Это следующие параметры.

Способ кодирования информации: качественных характеристик объектов — буквами, условными знаками; качественных характеристик типа, принадлежности, состояния — абстрактными геометрическими фигурами и цветом; положения объекта в пространстве, направления его движения — ориентировкой линии на индикаторе; количественных характеристик объекта — цифрами; размещения объекта в пространстве — положением указателя на индикаторе; контуров, траекторий движения — типом линии (сплошная, пунктирная, штрих-пунктирная); состояния объекта — яркостью и частотой мельканий.

Оформление шкальных индикаторов и их элементов: модуль оцифровки оптимальный — 10, допустимые — 1 и 5; число делений шкалы — минимально необходимое для установленной точности считывания; ориентация цифр шкалы — соответственно типу шкалы; представление цифр для считывания — в вертикальном положении; для неполной круговой шкалы между началом и концом шкалы — видимый промежуток размером, большим основного деления; разбивка шкалы — равномерная, число делений шкалы на модуль оцифровки — одинаковое по всей шкале; значения показателей приборов возрастают слева направо или снизу вверх (за исключением глубиномеров, значения на шкалах которых возрастают сверху вниз); указатель не должен перекрывать оцифровку, расстояние между указателем и делением шкалы — не менее 1,5 мм, форма указателя — простая клиновидная; цвет окраски указателя и деления шкалы — одинаковый.

Характеристики элементов шкал приборов: высота цифр и букв на неподвижных шкалах — 10—25', на подвижных — 12—25'; отношение ширины знака к высоте на шкалах с указателями — 3:5 или 2:3, на счетчиках — 2:3 или 1:1; толщина основных линий для цифр и букв при прямом контрасте — 1/6—1/8 высоты знака, при обратном контрасте — 1/10—1/13 высоты знака; интервал между знаками — 0,5—1,0 ширины знака; расстояние между соседними делениями при прямом контрасте — не менее одной ширины отметки шкалы, при обратном контрасте — не менее двойной ширины отметки шкалы.

Показатели соответствия техники мнемическим возможностям человека характеризуют: предъявление информации для оперативного запоминания и последующего использования (оно должно включать не более 5—9 символов, причем возможна их перекодировка с повышением объема информации в 1,5 раза); предъявление информации для долговременного запоминания и последующего использования (оно должно проводиться с достаточными для 100%-ного воспроизведения повторениями).

Показатели соответствия техники возможностям человека по принятию решений определяются, исходя из анализа логической организации деятельности оператора — алгоритмов деятельности. Последние не должны иметь более трех исходов в точках ветвления; рекомендуемый коэффициент стереотипности алгоритма деятельности составляет не менее 0,25 и не более 0,85, а коэффициент логической сложности — не более 0,2.

Номенклатура показателей эргономического качества является открытой, т. е. может быть дополнена по мере создания новых технических средств и изделий, а также накопления экспериментальных данных о них.

5.2. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ

Основы экспертного подхода к эргономической оценке технической части СЧТС. Практическая реализация экспертного подхода предусматривает, что экспертизу проводят несколько квалифицированных специалистов по эргономике и инженерной психологии (3—7 человек); для частных оценок используются справочные материалы и экспериментальные данные; общая оценка дается в качественной форме («хорошо», «удовлетворительно» и т. д.) и выбирается по согласованию экспертов.

В работе [18] указано, что существующие недостатки экспертного подхода, ограничивающие его применение, обусловлены: отсутствием объективированной концептуальной модели эргономического качества объекта оценивания; отсутствием объективной шкалы либо интегрального критерия, обобщающего частные показатели; отсутствием меры неточности оценок, критериев сравнения различных оценок; трудностями создания экспертной комиссии из квалифицированных специалистов; отсутствием норм для процедуры оценивания, а также правил отбора и обучения экспертов.

Учитывая сказанное, можно сформулировать ряд требований к экспертным методам эргономической оценки.

Во-первых, экспертную оценку следует проводить на основе концептуальной модели эргономического качества оцениваемых объектов. Такая модель должна представлять собой систематизированный перечень показателей, охватывающий большинство достоверных эргономических норм, требований и реко-

мендаций, и может быть построена путем отбора и обобщения данных, приведенных в 5.1.

Во-вторых, показатели качества должны быть преобразованы в критерии оценки. Показатель качества — это некоторая характеристика эргономического свойства оцениваемого объекта. Критерий — это правило приписывания оценки определенному подмножеству значений показателя. Чтобы преобразовать показатель в критерий, следует задать на множестве значений показателя разбиение на подмножества и каждому подмножеству однозначно сопоставить градацию оценки. Такое сопоставление и должно быть закреплено в формулировке правила приписывания градаций оценки подмножеств значений показателя.

В-третьих, необходима объективная шкала для пересчета частных оценок в общие по группам показателей, а общих — в комплексную оценку СЧТС. Такая шкала должна позволить получать сравнимые оценки различных по сложности и специфике объектов оценивания, рассматриваемых на подмножествах критериев с разной мощностью, т. е. число используемых критериев не должно сказываться на величине оценки, а может влиять лишь на ее погрешность.

В-четвертых, необходимы определение меры неточности оценок и правила сравнения вариантов, учитывающие погрешность оценок.

В-пятых, нужны: а) система методик для экспертной оценки эргономического качества простых и сложных объектов оценивания, включающая процедурные особенности экспертизы; б) средства и методы для обучения, контроля и отбора экспертов. Такими средствами могут быть обучающие и контрольные задания в виде макетов или рисунков, сопровождаемых описанием и имеющих известные эргономические достоинства и недостатки.

Экспертная эргономическая оценка. Метод экспертной эргономической оценки, удовлетворяющий в той или иной мере общим требованиям, описан в работе [18]. Он имеет следующие особенности: по справочным данным составлена номенклатура критериев для оценки, охватывающая большинство норм и требований; однозначно сформулированы условия применения каждого из критериев и правила выставления частных оценок; предложена аддитивная многомерная шкала для получения комплексной оценки; введены меры неточности оценок в виде абсолютной и стандартной погрешностей; табулировано число используемых критериев, минимально необходимое для установления достоверного различия оценок; перечень критериев является открытым, т. е. может быть дополнен за счет включения общетехнических, экономических и других критериев.

Содержанием концептуальной модели метода является раскрытие эргономического качества оцениваемого объекта на мно-

жества показателей, приведенных в 5.1. По каждому показателю описаны условия, при которых он должен быть использован для оценки. Значения качественных показателей разделены на группы допустимых (оптимальных) и недопустимых (неоптимальных) значений. Для каждого варианта условий сформулированы правила выставления оценок. Оптимальным значениям показателя приписывается оценка «1», а неоптимальным — оценка «0». Дихотомическая оценка упрощает задачу принятия решения экспертом и уменьшает инструментальную погрешность метода:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если значения показателя оптимальны;} \\ 0, & \text{если значения показателя неоптимальны.} \end{cases}$$

Аналогично решается задача оценки частных количественных показателей. Вариант сопоставления качественных и количественных показателей с оценками приведен в табл. 9.

Таблица 9. Сопоставление оценок со значениями показателей

наименование	Показатель		Оценка
	условия применения	формулировка	
Соответствие формы отсчетного устройства направлению изменений	Подъем (спуск)	Использован индикатор с вертикальной шкалой	1
		Иначе	0
	Горизонтальное перемещение	Использован индикатор с горизонтальной шкалой	1
		Иначе	0
Величина контраста (K)	При прямом контрасте	$0,60 \leq K \leq 0,90$	1
		$0 \leq K < 0,60$ и $0,90 < K \leq 1,0$	0

Конкретные объекты оцениваются при экспертизе не на всем множестве эргономических показателей, а на некотором его подмножестве, значимом для оцениваемого объекта. В целях обеспечения сравнимости оценок различных объектов, полученных на подмножествах показателей разной мощности, оценки нормируются числом показателей. Таким образом влияние количества показателей, используемых для получения оценки, устраняется.

Общая оценка является производной от частных оценок и определяет степень выполнения эргономических требований в отдельных подмножествах показателей (по соответствию

антропометрическим, биомеханическим и другим группам свойств человека). Она устанавливается по следующей формуле:

$$Оц_j = \left(1/\sum_{i=1}^{n_j} f_{ij}\right) \cdot \sum_{i=1}^{n_j} x_{ij} \cdot f_{ij},$$

где $Оц_j$ — общая оценка j -го подмножества критериев; f_{ij} — частота применения i -го критерия в общей оценке;

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если значение } i\text{-го показателя соответствует допустимому в } j\text{-м подмножестве;} \\ 0, & \text{если значение } i\text{-го показателя не соответствует допустимому в } j\text{-м подмножестве;} \end{cases}$$

n_j — количество показателей в j -м подмножестве.

Для оценки комплексного эргономического качества оборудования используются четыре общие оценки: оценка соответствия антропометрическим свойствам человека, оценка соответствия биомеханическим свойствам человека, оценка соответствия психофизиологическим свойствам человека и оценка соответствия психологическим свойствам человека. На основе общих оценок проводится комплексное оценивание по формуле

$$Оц_k = \left(1/\sum_{j=1}^m f_j\right) \sum_{j=1}^m Оц_j f_j,$$

где $Оц_k$ — комплексная оценка объекта экспертизы; m — число общих оценок; $f_j = \sum_{i=1}^{n_j} f_{ij}$ (n_j — число критериев, применявшихся для j -й общей оценки).

В случае неоднократного применения метода оценки группой экспертов комплексная оценка может быть интерпретирована в вероятностном смысле. Подобная интерпретация основана на том, что значения комплексной эргономической оценки находятся в интервале от нуля до единицы. Это позволяет использовать в качестве меры погрешности стандартную погрешность:

$$\sigma(Оц) = \sqrt{Оц(1 - Оц) / N},$$

где $N = \sum_{i=1}^{n_j} f_{ij}$, если это j -я общая оценка, и $N = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} f_{ij}$, если это комплексная оценка.

В данном случае сравнение вариантов организации технической части СЧТС осуществляется с использованием статистических критериев, например критерия Стьюдента:

$$t_3 = |Оц_1 - Оц_2| / \sqrt{\sigma^2(Оц_1) + \sigma^2(Оц_2)},$$

где t_3 — эмпирическое значение критерия; $Оц_1$ и $Оц_2$ — оценки первого и второго объектов оценивания.

Если $t_3 > t_{0,01/N-1}$, то различия между оценками значимы, если же $t_3 < t_{0,05/N-1}$, то различия незначимы и не определяют различий в эргономическом качестве оцениваемых объектов. Число N , минимально необходимое для установления достоверного различия оценок, приводится в табл. 10.

Таблица 10. Минимальное N^* , необходимое для установления достоверного различия между $O_{ц1}$ и $O_{ц2}$

$O_{ц2} \backslash O_{ц1}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1		$\frac{150}{120}$	$\frac{55}{33}$	$\frac{28}{17}$	$\frac{18}{11}$	$\frac{13}{8}$	$\frac{10}{6}$	$\frac{7}{5}$	$\frac{5}{4}$
0,2			$\frac{150}{120}$	$\frac{70}{41}$	$\frac{34}{20}$	$\frac{21}{13}$	$\frac{14}{9}$	$\frac{10}{6}$	$\frac{7}{5}$
0,3				$\frac{200}{120}$	$\frac{80}{46}$	$\frac{37}{22}$	$\frac{22}{13}$	$\frac{14}{9}$	$\frac{10}{6}$
0,4					$\frac{250}{120}$	$\frac{100}{48}$	$\frac{37}{22}$	$\frac{21}{13}$	$\frac{13}{8}$
0,5						$\frac{250}{120}$	$\frac{80}{46}$	$\frac{34}{20}$	$\frac{18}{11}$
0,6							$\frac{200}{120}$	$\frac{70}{41}$	$\frac{28}{17}$
0,7								$\frac{150}{120}$	$\frac{55}{33}$
0,8									$\frac{150}{120}$
0,9									

* Числитель — значение N для $\alpha = 0,01$, знаменатель — для $\alpha = 0,05$.

Отбор и подготовка экспертов-эргономистов. При определении эргономического качества СЧТС методом экспертной оценки большое значение имеют отбор и подготовка экспертов. В качестве экспертов должны использоваться специалисты, знакомые с основами эргономики и инженерной психологии, ясно представляющие критерии эргономического качества оцениваемого объекта, работавшие с проектной и конструкторской документацией. При применении изложенного выше метода эксперты должны проходить предварительное обучение. Оно предусматривает изложение принципов оценивания эргономических показателей СЧТС, описание множества критериев и его подмножеств, уточнение формулировок критериев и устранение в случае необходимости иерархии критериев в подмножестве.

жествах. Иерархичность критериев ухудшает их понимание и затрудняет их применение.

Экспериментальные исследования деятельности экспертов при оценивании свидетельствуют, что эксперты исходят из сформировавшихся у них представлений о важности либо о незначительности тех или иных показателей, а также испытывают влияние идей конструктора СЧТС. Например, при использовании метода экспертной эргономической оценки до обучения эксперты присваивают объекту «стрелочный индикатор температуры воды системы охлаждения двигателя», имеющему истинную оценку 0,66, значения от 0,38 до 0,86, т. е. разброс их оценок равен 0,48. Однако метод предполагает равновесность критериев и, следовательно, равную важность показателей и их групп. Именно это и необходимо усвоить экспертам в ходе обучения.

Адекватность оценки, вынесенной экспертом, зависит от количества правильно выбранных и правильно примененных показателей. Аналитическим выражением компетентности эксперта, т. е. его способности правильно и полно применять данный метод оценки, является формула, предложенная В. Н. Сальниковым:

$$K = 1/3(b/m + b/N + l/b),$$

где N — количество примененных экспертом показателей; b — число показателей, примененных к объекту оценки (т. е. правильно выбранных из множества показателей); m — общее количество показателей, которое можно применить к объекту оценки; l — число правильных частных оценок, выставленных экспертом.

Коэффициент компетентности представляет собой линейную функцию от трех переменных:

- количество ошибок первого рода (b/m);
- количества ошибок второго рода (b/N);
- количества ошибок оценивания (l/b).

Отмеченные выше ошибки практически исчезают после обучения. Как показывает анализ экспертиз, проведенных после обучения, разброс оценок уменьшается до 0,08.

В процедурном отношении рекомендуется выполнение экспертами алгоритмического описания деятельности оператора. Это помогает не только уменьшить субъективные ошибки эксперта, но и частично устранить навязанные ему представления конструктора. При обучении могут применяться стандартные задания по эргономической оценке в виде макетов или эскизов.

Глава 6

ЭРГОНОМИКА И ОХРАНА ТРУДА

6.1. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ТРАВМАТИЗМА И АВАРИЙНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ СНИЖЕНИЮ

В сложном комплексе проблем, изучаемых эргономикой, особое место занимают вопросы безопасности труда. Проблему травматизма и аварийности на современном производстве невозможно решить только инженерными методами. Часто причиной травматизма служат не опасные условия труда, а опасные действия специалистов, допуск людей к опасным видам работ и в состоянии утомления. Отраслью психологической науки, изучающей психологические причины несчастных случаев, возникших в процессе труда, и пути использования достижений психологии для повышения безопасности труда, и является эргономика.

Исследования причин производственного травматизма в нашей стране и за рубежом показали, что от 60 до 90% травм в промышленности и на транспорте происходит по вине человека. По данным Всемирной организации здравоохранения, число несчастных случаев на 1 млн чел.-час работы составило в 1967 г. 7,22, в 1970 — 8,87, в 1975 — 10,55 и в 1980 г. — 10,2. Причем наиболее высокий уровень промышленного травматизма среди развитых стран в 1970-е годы отмечался в ФРГ и Франции.

В нашей стране научными исследованиями в области охраны труда занимаются более 400 организаций, в том числе около 10 институтов Министерства здравоохранения СССР. Большое внимание уделяется этой проблеме и в социалистических странах. И тем не менее вопрос далеко не решен.

Исследования причин роста травматизма в связи с человеческим фактором свидетельствуют, что развитие техники опережает психологические мероприятия по защите от ее опасных и вредных воздействий. Это ставит перед психологами актуальные задачи по углублению исследований и внедрению их результатов в практику.

Для изучения причин травматизма на производстве психологи пользуются в настоящее время статистическим, топографическим, групповым и монографическим методами.

Статистический метод позволяет дать количественную и качественную оценку производственного травматизма. Данный метод оперирует двумя условными показателями: коэффициентом частоты $K_{\text{ч}}$ и коэффициентом тяжести $K_{\text{т}}$.

Коэффициент частоты — это число травм в расчете на каждую тысячу рабочих определенного предприятия:

$$K_{\text{ч}} = (T/P) \cdot 1000,$$

где T — количество травм за отчетный период; P — среднесписочное число рабочих.

Коэффициент тяжести — это среднее число дней нетрудоспособности:

$$K_{\text{т}} = D/T,$$

где D — число рабочих дней, потерянных за отчетный период в результате несчастных случаев; T — количество травм за отчетный период (без смертных случаев).

Для общей характеристики травматизма на производстве может использоваться также показатель $K_{\text{д}}$ — число дней нетрудоспособности на тысячу рабочих:

$$K_{\text{д}} = (D/P) \cdot 1000.$$

Статистический метод позволяет получить характеристику производственного травматизма на отдельном участке, предприятии, по профессиям работников, по отраслям народного хозяйства и по стране в целом.

Топографический метод служит для определения мест, где систематически происходят несчастные случаи, установления обстоятельств и причин травм на каждом участке производства.

Групповой метод используется для систематизации несчастных случаев по одному, общему для них признаку: полу, возрасту, стажу работы пострадавших, характеру травмирования, фактору воздействия — и последующего детального изучения выделенной группы.

Монографический метод заключается в детальном исследовании производственной обстановки на любом участке. Данный метод помогает заблаговременно определить и изучить все условия и обстоятельства, которые могут привести к несчастному случаю. При этом проверяются технологический процесс, приемы труда, оборудование, машины и механизмы, объем помещения и размеры рабочих участков, степень освещенности, система вентиляции, температурный режим, спецодежда, санитарное содержание рабочих мест.

На предприятиях СССР осуществляются специальные меры предупреждения травматизма: организационные, технические и санитарные. Они включают обучение рабочих безопасным приемам труда, своевременный и качественный инструктаж по технике безопасности, установление правильного соотношения между объемом работы и числом работников, своевременное обслуживание техники для поддержания ее в исправном состоянии, ограждение опасных зон на машинах и механизмах, поддержание в исправном состоянии инструмента и индивидуальных защитных средств, совершенствование технологии и режима работы, улучшение микроклимата в производственных помещениях, поддержание нормативной освещенности, снижение до допустимых уровней зашумленности, вибрации, регулирование вентиляции помещений.

Основной мерой снижения травматизма на производстве являются научная организация и управление безопасностью труда с целью сохранения здоровья и жизни людей в производственном процессе.

Понятие безопасности труда включает в себя понятие «потенциальная опасность», под которым имеется в виду возможность воздействия на человека опасных или вредных производственных факторов в результате либо ошибочных действий человека в процессе обслуживания машин, либо несовершенства конструкции рабочих машин и трудовых процессов. Понятие «опасный и вредный фактор» определяется ГОСТом 12.0.003—74 (разделы 1.1.4.1, 1.1.4.2). В качестве опасных производственных факторов рассматриваются все материалы, обладающие энергией с пороговой мощностью, достаточной для травмирования человека.

Исследования по вопросам безвредности и безопасности труда ведутся комплексом наук и охватывают следующие направления:

- 1) гигиену труда, в рамках которой рассматривается совместное действие химических и физических факторов производства и устанавливаются соответствующие нормативы;

- 2) автоматизацию и механизацию производственных процессов, где большое внимание уделяется борьбе с монотонией, предупреждению нервного напряжения, разработке физиологических основ рациональных режимов труда и отдыха;

- 3) промышленную вентиляцию и кондиционирование воздуха для создания рационального воздухообмена крупных промышленных зданий, усовершенствования способов очистки воздуха от пыли, масел, кислот, газов;

- 4) борьбу с шумом и вибрацией на основе исследования физических процессов генерации шума и вибрации, разработки средств и способов борьбы с ними при возникновении, а также совершенствования нормативов по ограничению вредного воздействия шума и вибрации;

5) борьбу с пожарами и взрывами, для чего разрабатываются методы применения, транспортировки и хранения сжатых и сжиженных газов, безопасные методы добычи нефти в условиях низких температур;

6) обеспечение электробезопасности, в результате чего создаются быстродействующие средства защиты от воздействия электрическим током.

Необходимость обеспечения безопасных и безвредных условий труда должна предусматриваться при разработке технологического процесса конструирования любой машины. Созданию любой машины должен предшествовать выбор способов выполнения технологических операций, которые исключали бы возможность профессионального заболевания, аварий, пожаров и взрывов. На стадии проектирования необходимо проводить количественную оценку степени опасности технологического процесса, машин и механизмов с учетом вероятностного характера возникновения опасных производственных ситуаций. Показатель вероятности безопасной работы это безразмерная величина, изменяющаяся от 0 до 1. Количественную оценку удовлетворения определенным требованиям, налагаемым на процесс, дают критерии безопасности, представляемые в математических выражениях. К ним относятся критерии сравнительной оценки степени безопасности и соответствия нормативному уровню безопасности, критерии оптимальности и вредности. Для обеспечения безопасности труда необходимо использовать ограждения, блокировки, предохранители и защитное обмундирование.

Безопасное совмещение компонентов в системе «человек — машина — среда» предусматривается специальными мероприятиями.

Так, энергетическая совместимость человека с машиной и средой достигается путем механизации и автоматизации, проектирования машин с учетом размеров тела человека и диапазона его перемещения, проектирования органов управления и их расположения с учетом положения тела и силы мышц, приводящих в движение эти органы.

Пространственная совместимость человека и среды обеспечивается оптимальным расположением человека в пространстве для достижения состояния покоя или безопасного перемещения.

Информационная совместимость достигается наличием достаточной информации об окружающей среде и возможностью ее принять и переработать.

Безопасное обитание человека в системе «человек — машина — среда» обеспечивается созданием нормальных метеорологических условий.

Арсенал практического использования рекомендаций психологов по повышению безопасности труда довольно велик

и распространяется от обучения, воспитания, стимуляции, пропаганды безопасной работы до анализа несчастных случаев и предупреждения рабочих об опасных ситуациях, точках, состояниях. Вопросы безопасности труда и мероприятия по ее снижению относятся не только к производственному труду. Они отражают общие психологические закономерности, свойственные человеку в различных условиях опасности. Так, например, индивидуальные качества, факторы значимости, ситуации саморегуляции, особенности мотивации, готовность к риску влияют на труд не только рабочего, но и в неменьшей степени сотрудника уголовного розыска, летчика, космонавта, врача-хирурга, на поведение спортсмена-альпиниста и на многие другие виды деятельности, связанные с опасностью.

В психологической литературе [10, с. 41] существует классификация психологических факторов безопасности труда. Она включает: биологический фактор, вытекающий из природных свойств человека и проявляющийся в бессознательной регуляции; фактор, определяющий особенности психологического отражения и психических функций человека; фактор, вытекающий из опыта человека, его навыков, знаний, умений и способностей; фактор, характеризующий направленность поступков человека, т. е. его мотивы, интересы, установки.

Все рассмотренные выше мероприятия и методы способствуют регулированию поведения и деятельности человека на производстве, повышению эффективности и безопасности трудовой деятельности, превращению труда в источник удовлетворения и радости.

6.2. КОМПЛЕКС МЕР ПО СНИЖЕНИЮ АВАРИЙНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

За годы Советской власти транспорт в нашей стране стал одной из важнейших отраслей народного хозяйства. Грузооборот всех видов транспорта за одиннадцатую пятилетку повысился на 15 %¹. В двенадцатой пятилетке развитие единой транспортной сети страны осуществляется на базе коренной технической реконструкции всех видов транспорта.

Управление любым видом транспорта налагает большую ответственность на человека. Эффективность и безопасность управления зависят от множества объективных и субъективных факторов, различных по своей природе и силе воздействия. Среди них главное место принадлежит факторам, связанным с психофизиологическими характеристиками и личностными особенностями водителя.

Основная масса случаев аварийности падает на автомобильный транспорт. По данным ООН, в мире ежегодно происходит

¹ Материалы XXVII съезда КПСС. М., 1986. С. 269.

55 млн. автомобильных аварий, в которых гибнет 300 тыс. человек и 8 млн. получают травмы. Смертность при автомобильных катастрофах занимает второе место в мире, уступая лишь сердечно-сосудистым заболеваниям.

При движении автомобиля создается сложная картина *взаимодействия элементов (звеньев) системы «водитель — автомобиль — дорога» (ВАД)*. Звенья этой системы качественно разнообразны. Автомобиль и дорога характеризуются совокупностью технических данных, выраженных определенными показателями. Характеристику водителя можно составить с помощью психологических и физиологических методов. *Дорожно-транспортное происшествие (ДТП) — это «рассогласование» взаимодействия звеньев системы «водитель — автомобиль — дорога».*

К ДТП относятся случаи, повлекшие за собой ранение, гибель людей, повреждение или разрушение транспортных средств. Возникающие в процессе движения машин ДТП, как правило, быстротечны. События в них развиваются за несколько секунд, а иногда и за доли секунды.

Можно выделить следующие виды ДТП:

- наезды на людей и другие подвижные объекты, находящиеся на полосе движения транспортных средств;

- наезды на неподвижные объекты, в том числе на неподвижные транспортные средства;

- столкновения транспортных средств (встречные, боковые, при попутном движении) и опрокидывания, вызванные столкновением;

- опрокидывания транспортных средств, происходящие в результате заноса, потери управления, при неблагоприятном состоянии дороги либо применении водителем резких или неправильных движений.

При расследовании ДТП используются системы понятий, определяющих дорожную обстановку, развитие всего происшествия в целом и отдельных его звеньев. Дорожная обстановка — это складывающееся к определенному времени в каком-то месте сочетание дорожных условий, характеристики транспортных средств, пешеходов и организации движения.

Дорожные условия включают: ширину проезжей части и обочин, размеры кюветов, продольные и поперечные уклоны, повороты и другие конструктивные элементы дороги; тип покрытия проезжей части и обочин и его состояние (отсутствие или наличие механических повреждений, шероховатостей и ровность покрытия проезжей части, степень влажности или скользкости поверхности проезжей части и обочин); обзорность дороги с места водителя; расстояние силуэтной и конкретной видимости с места водителя в направлении движения; освещенность дороги, яркость покрытия и контрастность на фоне обочин; придорожную обстановку (присутствие и размещение вблизи до-

роги различных сооружений и предметов, наличие и характер растительности).

Под организацией движения понимается наличие или отсутствие средств регулирования (дорожные знаки, линии разметки, светофорная сигнализация) на участке, где возникло происшествие.

Характеристика транспортных средств и пешеходов включает в себя состав движения, его плотность и интенсивность на данном участке дороги, а также состав пешеходов по полу и возрасту, интенсивность и темп движения пешеходов.

Большинство происшествий вызывается несколькими причинами, которые могут возникнуть как в одном, так и во всех звеньях системы ВАД.

По звену «водитель» причинами являются: невыполнение водителем и пешеходами установленных для различных ситуаций движения требований к их действиям, нарушение порядка взаимодействия между участниками движения, т. е. несоблюдение «Правил дорожного движения»; понижение работоспособности водителя вследствие переутомления, болезни или под влиянием факторов внешней среды, условий восприятия обстановки движения; применение водителем неправильных приемов управления.

По звену «автомобиль» к причинам относятся: неудовлетворительное техническое состояние отдельных агрегатов, механизмов, деталей; неправильное техническое использование и обслуживание автомобиля или его отдельных агрегатов.

По звену «дорога» — это выполнение отдельных элементов дороги и их сочетаний, а также оборудование придорожного пространства с отступлением от технических условий; неудовлетворительное состояние всей дороги и ее элементов; неправильная организация движения, отсутствие или неверная установка дорожных знаков либо линий разметки, несоответствующий интенсивности движения режим работы светофоров.

Методы расследования дорожного происшествия избираются в зависимости от его причин. В общем, установление факторов, причин их появления, степени воздействия на протекание происшествия проводится с помощью комплекса различных экспертиз: технических, криминалистических, судебно-медицинских, судебно-психологических. К проведению любой экспертизы привлекаются специалисты.

Расследование большинства ДТП начинается с технических экспертиз. В первую очередь проводится *автотехническая экспертиза*, которая определяет: исправность или неисправность транспортного средства в момент совершения ДТП, причины и время ее возникновения; возможность обнаружения технической неисправности до момента наступления ДТП и условия, при которых эта неисправность могла быть установлена; технические возможности предотвращения происшествия при том

состоянии транспортных средств, которое было определено к моменту происшествия; причинно-следственные связи между обнаруженной технической неисправностью и фактом происшествия; иные обстоятельства, связанные с техническим состоянием транспортных средств, которые могли способствовать или способствовали возникновению ДТП.

В компетенцию автотехнической экспертизы входит также установление отдельных технических параметров дорожной обстановки и ее составляющих, в частности: определение фактических значений расчетных параметров, входящих в зависимость, с помощью которой выполняется инженерный анализ (коэффициента сцепления, сопротивления качению и движению); установление траектории и времени движения транспортных средств в процессе происшествия, если это связано с действием сил, возникших при взаимодействии транспортных средств с дорогой или другими транспортными средствами; выявление с места водителя условий обзорности и дальности видимости к моменту происшествия; определение обстоятельств дорожной обстановки, которые способствовали возникновению ДТП.

Наконец, в круг вопросов, решаемых с помощью автотехнической экспертизы, входит исследование действий водителя по управлению транспортными средствами, т. е. определение правильности и последовательности применения приемов управления машиной и влияния этих приемов на направление, скорость движения и устойчивость транспортных средств.

Нередко возникает потребность и в иных технических экспертизах. Так, перед дорожно-технической экспертизой ставятся вопросы о соответствии определенных участков дороги техническим требованиям по их устройству и содержанию. При светотехнической экспертизе устанавливается соответствие искусственного освещения существующим нормам.

Помимо технических экспертиз, как правило, проводят судебно-медицинскую экспертизу для установления причин телесных повреждений либо смерти и выяснения, какими именно частями транспортного средства было нанесено повреждение. К трассологической экспертизе прибегают для определения механизма столкновения, а также при необходимости идентификации следов транспортного средства. При расследовании происшествий часто используются также специальные виды экспертиз: судебно-биологическая, криминалистическая и иные, с помощью которых устанавливается, например, группа крови, принадлежность волос и т. п.

Психологическую экспертизу рекомендуется назначать для исследования времени реакции, поведения водителя и очевидцев в аварийной ситуации, для выявления влияния обстановки на правильность восприятия.

Ошибочные действия водителей транспорта являются основной причиной ДТП. По вине водителей происходит 70—80% всех происшествий и лишь 20—30% совершается по другим причинам (отказ техники, недостатки в организации дорожного движения, плохое состояние дороги и т. п.). Водитель автомобиля — это оператор и главное звено системы ВАД. Необходимыми качествами его являются надежность, хорошая подготовленность, высокая работоспособность.

Психофизиологические и психологические причины ДТП, установленные исследователями, — это неправильное восприятие водителем расстояния, скорости сближения, цвета, недостаточная дальность видения ночью и днем, эмоциональная неуравновешенность, психические заболевания, низкая степень выработки навыков по управлению транспортом.

Эмоциональная неустойчивость водителя (возбудимость, раздражительность, невыдержанность) служит основной причиной происшествий на дорогах. Так, из-за неудачного размещения и оформления дорожных знаков (без учета эргономических требований) происходит 16% ДТП, 14% — вследствие утомления водителя, 25—30% — от задержки и неточности двигательной реакции водителя, 28% — в результате употребления алкоголя.

Для определения профессионального мастерства водителя в реальных условиях его работы используются специальные приборы, в том числе:

1. Прибор «Готовность оператора», с помощью которого устанавливаются скорость и точность сложных сенсомоторных реакций, скорость формирования двигательных навыков при различном темпе подачи сигналов, а также объем, точность и помехоустойчивость оперативной памяти.

2. Комплексный прибор «Тремет», который позволяет проанализировать способность водителя дифференцировать в условиях жестко ограниченного времени близкие по форме, но различные по сигнальному значению раздражители.

3. Прибор для исследования внимания водителя.

4. Прибор для установления психофизиологических резервов водителя «ПФР-В».

5. Реакциометр МАДИ для изучения некоторых реакций водителя, особенно на больших скоростях.

6. Прибор для оценки готовности водителя к экстренной реакции в условиях монотонной деятельности.

7. Прибор для исследования ночного зрения.

Для оценки функционального состояния работоспособности водителя применяются:

1. Комплексный прибор «ПИФФ-М», с помощью которого исследуется физическое состояние.

2. Метод альтернативной оценки хронометрических показателей простой двигательной реакции.

3. Прибор с автоматической подачей сигналов для определения времени реакции.

Для изучения психофизиологических особенностей водителя применяются следующие бланковые методики:

1. Методика «Квадраты», с помощью которой определяют концентрация и устойчивость внимания.

2. Методика масштабная, используемая для исследования глазомера.

3. Методика «Число — буквенное сочетание», дающая возможность изучить особенности внимания, способность работать в вынужденном темпе или при дефиците времени, а также проверить эмоциональную устойчивость.

4. «Корректирующая проба», позволяющая определить устойчивость внимания.

5. Методика «Сложение чисел с переключением», применяемая для изучения особенностей мышления и внимания.

Кроме специальных приборов и методик, надежная и безаварийная работа водителя и всей системы ВАД обеспечивается стандартами по предупреждению ДТП, разработанными Управлением Министерства автотрасс РСФСР.

В эргономических исследованиях большое место отводится изучению особенностей метеорологической видимости, режима труда и отдыха, обстоятельств дороги. Для установления оптимальных условий работы водителя психологами предложен расчет специального коэффициента безопасности дорожного движения по особенностям видимости и скоростного режима при ограниченной метеовидимости. С помощью психофизиологических показателей определяются участки дороги и средства управления движением.

Кроме исследований по предупреждению аварий на автомобильном транспорте, психологи разрабатывают и предлагают методы, способы и средства предупреждения аварий на воздушном, железнодорожном, водном, а также на городском транспорте.

Так, *повышению качества и безопасности труда авиационных специалистов* способствуют: эргономическое проектирование авиационной техники, при котором учитываются принципы создания средств отображения информации, такие, как оптимальные условия работы активного оператора; эргономические отбор и подготовка авиаоператоров. В авиационной эргономике применяются статистический, информационный и энергетический методы оценки эргатических систем. Для прогнозирования успешности действий экипажа в реальных полетах используется вероятностный метод.

На *железнодорожном транспорте* широко исследуются условия труда работников с использованием качественного и количественного анализа. При этом применяются статистический,

групповой, монографический, критериальный и экономический методы.

Статистический метод представляет собой совокупность приемов, позволяющих собрать и упорядочить информацию о случаях травматизма на транспорте и профессиональных заболеваний.

Групповой метод применяют для исследования влияния на условия труда групп факторов, объединяющих частные случаи и ситуации с повышенной вредностью.

Топографическим методом изучаются особенности расположения оборудования и рабочих мест, позволяющие установить опасность и вредность производственной среды на транспорте.

Монографический метод основан на детальном изучении условий возникновения ситуаций, в которых могли или могут действовать производственные опасности и вредности.

Критериальный метод заключается в установлении критериев безопасности труда железнодорожников и определении степени соответствия фактических уровней опасности и вредных производственных факторов действующим нормам.

Экономический метод представляет собой анализ экономических потерь, связанных с производственным травматизмом и неблагоприятными условиями работы.

Для обеспечения безопасности движения поездов на железной дороге применяются технические и организационные меры. Технические меры направлены на улучшение состояния железнодорожных ресурсов, некоторых конструкций подвижного состава, закрепление оборудования, устройство железнодорожной автоматики и телемеханики. Организационные меры предусматривают систему персональной ответственности за организацию перевозок и безопасность движения, регламентированную соответствующими правилами, инструкциями и приказами.

Необходимый уровень *безопасного мореплавания* также обеспечивается комплексом мер организационного и технического характера. Для предотвращения столкновения судов внедряется схема их раздельного движения, совершенствуются технические средства и правила, используемые для согласования борта расхождения. В исследованиях большое внимание уделяется совершенствованию и развитию портовых акваторий, маневровым качествам судов, практической подготовке судоводителей и их психофизиологическим характеристикам.

6.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ БЫТОВОЙ ТЕХНИКИ И АППАРАТУРЫ

Выражение «эргономика быта» становится все более популярным среди специалистов. Насыщение жилищ механизмами, повышая комфорт в целом, создает свои проблемы, связан-

ные с нарушением экологического и психологического равновесия бытовой среды. Технически сложные изделия вносят в домашнюю среду ряд серьезных изменений, заключающихся в повышении уровня шума, появлении вибрации, опасности возгорания, воздействия током, возможности ожогов и т. д. Кроме того, бытовая техника и аппаратура используется людьми, не имеющими специальной подготовки, что очень часто приводит к серьезным последствиям.

Основную часть бытовой техники составляют электроприборы. В связи с этим обеспечение безопасного использования электроприборов имеет особо важное значение. Проблема эта настолько актуальна, что разработкой документов, регламентирующих технические требования и методы контроля безопасности использования бытовых электроприборов, занимаются Международная электротехническая комиссия (МЭК), Международная организация по правилам приемки электрооборудования и др.

В МЭК разработку технических требований и методов испытаний по безопасности бытовых электроприборов осуществляет технический комитет ТК-61; ему принадлежат документы двух видов:

1. Общие требования технические и методы испытаний (публикация МЭК 335-1).

2. Частные требования по безопасности конкретных видов приборов (публикация 335-2 и т. д.).

Основными показателями безопасности конкретного вида прибора являются: степень защиты от поражения электрическим током, степень защиты от влаги, способ преобразования электрической энергии, режим работы, возможность перемещения, условия эксплуатации и способ подсоединения к источни-

Таблица 11. Допускаемые классы защиты бытовых электроприборов от поражения электрическим током и исполнение по степени защиты от влаги

Вид приборов	Класс защиты от поражения током	Исполнение по степени защиты от влаги
Холодильники	0, 0I, I, II, III	Незащищенное
Стиральные машины	I, II, III	Брызгозащищенное
Пылесосы	I, II, III	Незащищенное
Электробритвы	II, III	"
Электрокофемолки	II, III	"
Электромясорубки	II, III	"
Полотеры	I, II, III	"
Посудомоечные	I, II, III	Брызгозащищенное

кам питания. Установленные международными нормами по первым двум показателям классы защиты и исполнения наиболее распространенных приборов приведены в табл. 11.

В нашей стране по степени защиты от влаги бытовые электроприборы выпускаются в незащищенном, каплезащищенном, брызгозащищенном исполнении и водонепроницаемые. При эксплуатации их возможны воздействие на них влаги из внешней среды и воздействие влаги, обусловленное наличием рабочей жидкости в самом приборе (стиральные машины, миксеры, посудомоечные машины).

По режиму работы бытовые электроприборы делятся на приборы с продолжительным режимом работы, кратковременным и повторно-кратковременным. Продолжительный режим предусматривает работу прибора при нормальной нагрузке в течение неограниченного периода времени (вентиляторы, пылесосы, полотеры). Кратковременный режим — это режим работы прибора при нормальной нагрузке в течение времени, за которое срок эксплуатации всех частей прибора не успевает достичь установленного значения (бритвы, машинки для стрижки волос). Повторно-кратковременный режим работы прибора состоит из серий последовательной эксплуатации.

В настоящее время исследования по обеспечению безопасного использования бытовой техники ведутся с технической, экономической, эстетической и эргономической позиций.

Технические решения предусматривают разработку бытовой техники с учетом всех достижений, повышающих их безопасность, например некоторые электроприборы оснащаются микропроцессорами, автоматически определяющими температуру, необходимую для безопасной работы.

Эстетические решения направлены на удовлетворяющее современным требованиям оформление изделия, а также на выбор материала, обеспечивающего повышение безопасности использования прибора (таким материалом являются, например, полимеры).

За основу эргономических исследований берутся гигиенические, антропометрические, физиологические и психологические показатели. На их основе разрабатываются специальные процедуры оценки бытовых изделий с точки зрения соответствия их эргономическим требованиям. Эти процедуры предусматривают оценку соответствия изделий антропометрическим показателям и физиологическим возможностям человека, уровня удобства использования и комфортности изделия, оптимизацию физической и психологической нагрузки человека, связанной с получением полезного эффекта от эксплуатации изделия. Для определения наиболее удобного расположения тела при различных двигательных операциях в кухне, например, используется метод анатомического анализа, который позволяет получить данные по оптимальной структуре оборудования кухни.

6.4. РИСК В ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Анализ причин несчастных случаев на производстве показывает, что зачастую травматизм связан с нарушением правил техники безопасности и технологии ведения работ или с неосторожностью и поспешностью в работе, например у горнорабочих эти причины обуславливают соответственно от 1/4 до 2/3 несчастных случаев. Поэтому особую важность приобретает вопрос о причинах выбора рабочим опасных способов действий, связанных с той или иной степенью риска.

Что такое риск? Существует несколько различных определений этого понятия. Иногда рискованным считают любое действие, сопряженное с опасностью. Риск в этом случае определяется как вероятность того, что осуществление некоторого действия повлечет за собой определенные неблагоприятные последствия для субъекта. Однако, поскольку при выполнении рискованного действия человек рассчитывает на удачный исход, в определение риска включают также и упоминание о вероятности успеха: риск — это действие наудачу в условиях возможной опасности в расчете на счастливый исход.

Опасное действие может быть результатом ошибки, т. е. неосознанного неправильного выполнения отдельных операций. Одна из причин таких ошибок — снижение контроля за выполняемыми действиями. Уровень риска при этом зависит от степени самоконтроля рабочего. Опасное действие может быть и осознанным, целенаправленно совершаемым действием, заведомо не соответствующим требованиям техники безопасности. В последнем случае принято говорить о «нарушении». И в первом, и во втором случаях происходит своеобразный «самодопуск» рабочего.

Наконец, опасное действие может быть следствием «срыва деятельности», т. е. таких ситуаций, в которых неудача происходит не по вине работающего, а в связи с принципиальной невозможностью получения требуемого результата вследствие утомления, информационной перегрузки и т. п. Срыв деятельности носит ярко выраженный системный характер и приводит к дезорганизации всей структуры деятельности. Срыв деятельности может быть предотвращен либо соответствующим подбором, либо изменением технологии. В случае срыва деятельности работающий вынужден идти на опасные действия, т. е. о сознательном выборе опасных действий и о риске в строгом смысле этого термина говорить не приходится.

Таким образом, риск как сознательный акт проявляется в двух основных формах: в снижении уровня самоконтроля, т. е. уменьшении удельного веса ориентировочных и контрольных операций, и в виде нарушений, т. е. предпочтении опасных способов действий хорошо известным безопасным. Этим и исчер-

пываются формы риска в относительно травмотогенных системах «человек — техника», в которых при соответствующей осторожности и соблюдении правил опасность для работающего может и должна быть сведена к нулю. Существуют, однако, травмотогенные системы, в которых опасность для работающего практически невозможно исключить полностью. В таких системах наряду с двумя упомянутыми выше возможна еще одна форма риска, когда рабочему приходится выбирать не между опасным и безопасным действиями, а делать выбор одного из альтернативных опасных действий, имеющих различные по вероятности и тяжести последствий исходы.

Психологические исследования риска традиционно проводятся в двух основных направлениях: субъективной оценки риска, т. е. того, в чем заключается риск, с точки зрения субъекта, и какова его степень; принятия риска, т. е. выбора субъектом действий с той или иной степенью риска.

Первое направление исследований затрагивает прежде всего мотивационную и когнитивную стороны действий. Принято считать, что субъективная оценка риска человека определяется двумя основными моментами: степенью опасности, т. е. физической или социальной угрозы при неудачном исходе действия, и значимостью выигрыша при удачном исходе, а также вероятностями удачных и неудачных исходов. Оценка опасности и выигрыша связана с «борьбой мотивов» предпочтения или отвергания рискованного действия, а оценка вероятностей — с «борьбой альтернатив» в сознании субъекта.

Анализ мотивационной стороны рискованного действия позволяет выделить несколько различных видов риска.

Немотивированный риск имеет место в тех ситуациях, когда человек прибегает к опасному действию не ради ситуативных преимуществ, а для решения какой-то «сверхзадачи». Идя навстречу опасности и преодолевая ее, человек как бы «снимает» опасность, расширяя свои возможности. Опасное действие при этом приобретает ценностный смысл.

Мотивированный риск подразделяется на оправданный и неоправданный. Рискованное действие оправдано в том случае, когда оно направлено на достижение общественно-значимой цели, причем величина и вероятность благоприятных последствий превышают соответствующие показатели неблагоприятных последствий, в противном случае имеет место неоправданный риск, детерминируемый аффективными моментами: удовлетворением самолюбия, склонностью к острым ощущениям и т. п.

Таким образом, опасное действие может приобрести значимость для субъекта, если удовлетворяет определенным мотивам его деятельности. Например, строители склонны использовать те средства индивидуальной защиты, которые хотя бы и в слабой степени, но повышают производительность труда

(перчатки, спецодежда), и не склонны использовать средства защиты, даже незначительно ее понижающие.

В исследованиях мотивационной стороны риска особое внимание уделяется изучению отрицательных последствий опасных действий, так как одной из главных причин опасных действий является недооценка работающим степени сложности и опасности действий, понижение профессиональной бдительности. Недооценка физической или социальной угрозы встречается не только у начинающих, но и у опытных рабочих, у которых при длительной безаварийной работе формируется так называемая «вторичная беспечность», приводящая к понижению уровня профессиональной бдительности.

Основной методический прием для измерения субъективной оценки отрицательных последствий опасных действий — использование опросников. Например, в одном из них содержатся вопросы, отвечая на которые рабочие должны дать оценки различным наказаниям за наиболее типичные нарушения техники безопасности, т. е. оценки социальной угрозе. Измеренный таким способом уровень профессиональной бдительности коррелирует с частотой травматизма.

М. А. Котик для измерения относительной силы частных мотивов избегания физической и социальной опасности разработал специальную процедуру, основанную на соотнесении дискретной (метрической) и «мягкой» (порядковой) оценок вероятности угрозы. Чем выше порядковая оценка, соответствующая некоторой метрической, тем более значимыми и опасными представляются субъекту последствия какого-либо действия [10, с. 225].

При измерении субъективных оценок опасности очень важно учитывать многомерность угрозы. Известно, например, что память человека об угрожающих воздействиях включает в себя по меньшей мере два разнокачественных компонента: оценку физической и психической угрозы. Сама по себе тревожность как индивидуально-психологическая особенность также является многомерной характеристикой: в разных стрессовых ситуациях человек обнаруживает различную степень тревожности.

При исследовании субъективных оценок риска важно не только выяснить, какие мотивы делают опасное действие привлекательным или отвращают от него человека, но и изучить сам способ, с помощью которого представления о выигрыше и угрозе с учетом их вероятностей агрегируются человеком в интегральную оценку риска. Эта проблема традиционно разрабатывалась в рамках классической теории принятия решений в условиях риска, прямо не связанной с психологией безопасности труда и эргономикой. Однако полученные при исследовании процесса принятия решений данные представляют интерес и с точки зрения эргономики, поскольку позволяют суще-

ственно уточнить наши знания о способах вынесения человеком интегральных оценок риска.

Появился целый ряд теорий риска, основанных на различных предположениях о том, как человек оценивает рискованные альтернативные способы действий. Считается, что при оценке альтернатив он может ориентироваться на субъективную ожидаемую полезность (математическое ожидание полезности), на соотношение математического ожидания полезности и связанного с ним риска, понимаемого как разброс возможных результатов действия, на соотношение выигрыша и риска как функции от величины и вероятности проигрыша.

Представления о риске у субъекта трудовой деятельности необходимо не только изучать, но и корректировать, обеспечивая тем самым высокий уровень профессиональной бдительности. Одно из средств коррекции — пропаганда техники безопасности, ориентированная прежде всего на разъяснение опасных последствий отступления от правил техники безопасности.

В настоящее время накоплен ряд данных о факторах, влияющих на субъективную оценку степени риска. Как оказалось, выше оценивается опасность ситуаций, которые легко вообразить или припомнить; которые угрожают смертельным исходом и многочисленными жертвами, а не опасностью для отдельного индивида; о которых чаще сообщается в средствах массовой информации. Важна также и форма сообщений: конкретные сообщения больше влияют на оценку вероятности события; вербальные сообщения о вероятности неблагоприятного исхода меньше влияют на предпочтение риска, чем та же информация, но приобретенная на собственном опыте. Поэтому особенно эффективным средством коррекции является проигрывание опасных ситуаций с указанием их возможных последствий.

Возможны также и ситуативные колебания оценок: после получения приятного сообщения субъективные оценки опасности несчастных случаев понижаются, а после описания трагических случаев — повышаются.

Кроме коротких, ситуативных, имеют место и весьма длительные колебания оценок, например пик вторичной беспечности у горнорабочих приходится на десятый год работы по специальности. В связи с этим в качестве профилактического средства против вторичной беспечности горнорабочих рекомендована переподготовка по технике безопасности, проводить которую необходимо именно через 10 лет после начала работы по специальности. Следует отметить, что повышение уровня вторичной беспечности не совпадает по времени у рабочих различных специальностей, поэтому и сроки переподготовки должны определяться отдельно для каждой специальности, исходя из результатов эмпирических исследований.

Второе традиционное направление психологических иссле-

ований риска — это изучение принятия риска, т. е. готовности субъекта к практической реализации определенного действия с уже оцененной степенью риска. Переход от оценки риска к реализации рискованного действия — прежде всего волевой акт, поэтому второе направление исследований риска непосредственно затрагивает волевую сферу личности работающего.

Одним из главных моментов, опосредствующих волевой акт перехода от оценки рискованности к реализации действия, является субъективно приемлемый уровень риска. В настоящее время существует целый ряд методик, позволяющих диагностировать индивидуальную склонность к риску.

В советской психологии достаточно широкое распространение получили аппаратные методики измерения склонности к риску. Методики конструируются таким образом, чтобы моделировались основные стороны действия человека в ситуации риска: необходимость оценки вероятности величины выигрыша и проигрыша, а также их соотношение при определении предпочтительного уровня риска и выборе варианта действий.

Часто в качестве модели ситуации риска используются задачи на экстраполяцию. Одним из примеров такого рода диагностической методики является методика, предложенная В. А. Петровским. Техническая сторона методики чрезвычайно проста: перед испытуемым находится панель с прорезью, которая частично закрыта от испытуемого. Через открытую часть прорези испытуемый наблюдает за движением цели с тем, чтобы экстраполировать это движение на закрытую часть прорези. До опыта испытуемый заранее выбирает пункт остановки цели в закрытой части прорези, а во время опыта на основе экстраполяции старается остановить цель в заданной точке возможно точнее. В закрытой части прорези выделена «запретная зона», попадание цели в которую наказывается. Наказание может быть либо физическим, либо психологическим (физическое — резкий звук, электростимуляция; психологическое — резкое порицание, угроза снятия с эксперимента как несправившегося).

Чем ближе к «запретной зоне» выбирается испытуемым пункт остановки цели, тем выше предпочитаемый им уровень риска. В тех случаях, когда в инструкции не оговаривается поощрение за близкое к границе «запретной зоны» расположение выбираемой точки остановки цели, эксперимент рассматривается как инструмент диагностики склонности к немотивированному риску; в тех модификациях методики, в которых определено специальное поощрение за близость точки остановки цели к «запретной зоне», возможно измерение склонности к мотивированному риску. Показателем склонности к риску является близость выбираемой испытуемым точки остановки цели к границе опасной зоны.

Эффективность решения испытуемым диагностической задачи объективно определяется двумя факторами: распределением

ответов испытуемого по точности и взаимным расположением точки остановки цели и границы опасной зоны, которое устанавливает испытуемый.

Вероятность успеха или неуспеха при решении тестовой задачи зависит и от субъективных факторов: от того, насколько адекватно испытуемый оценивает свои возможности (характеристики распределения ответов), а также от относительной значимости успеха и наказания. Поскольку успех (моральное поощрение и т. п.) и угроза (удар тока) непосредственно не соизмеримы, по результатам диагностического испытания нельзя судить о том, каким является рискованное действие испытуемого, т. е. насколько оправдан риск, к принятию которого готов испытуемый. Возможно лишь сравнение испытуемых между собой.

Дифференциальная диагностика склонности к риску на основе учета степени оправданности риска осуществима лишь в том случае, когда последствия успеха или неудачи испытуемого измерены в единой шкале и сопоставимы. Сопоставимость результатов можно обеспечить, задав на множестве ответов испытуемого какую-то функцию полезности, принимающую как положительные (успех), так и отрицательные значения (неуспех, угроза). Тогда суммарная оценка ответов испытуемого за весь период эксперимента позволит сделать заключение об оправданности или неоправданности риска. Диагностическая шкала такого типа предложена А. А. Кондрацким. По этой шкале дифференцируется склонность к неоправданному риску, оправданному риску и неоправданной осторожности.

Рассмотренные аппаратные методики диагностики — не единственный способ выявления склонности к риску. Кроме них, в настоящее время широко используются бланковые методики, особенно удобные в тех случаях, когда за ограниченное время необходимо обследовать большие контингенты испытуемых.

В качестве примера бланковой методики можно привести опросник Г. Шуберта, переведенный и адаптированный М. А. Котиком. В опроснике содержится описание ряда действий, выполнение которых сопряжено с физической опасностью. Обследуемые должны для каждого из действий указать степень своей готовности в случае необходимости совершить это опасное действие. Суммарная оценка служит показателем склонности обследуемого к риску.

Для диагностики склонности к риску, кроме специализированных опросников, могут быть использованы некоторые шкалы личностных опросников. Так, в широко распространенном опроснике Кеттелла имеется шкала *H*, позволяющая судить о невосприимчивости к угрозе, о смелости, тяге к риску и острым ощущениям [16, с. 41]. Интересны результаты совместного факторного анализа данных обследований по тестам Кеттелла

и ММРІ. В один общий фактор попали шкала *H* из опросника Кеттелла и шкала 9 ММРІ «социальная интроверсия» (шкала 9 — с отрицательным знаком). Наполнение выделенного таким образом фактора первичными шкалами опросника Кеттелла позволило интерпретировать его как фактор «экстравертированности» [16, с. 117]. Это еще раз подтверждает известное утверждение о склонности экстравертов к риску [13, с. 151]. На основании такого рода данных В. М. Мельников и Л. Т. Ямпольский при конструировании теста на базе ММРІ и теста Кеттелла выделили шкалу «робость», измеряющую стеснительность и скованность в интерперсональных отношениях. Люди, имеющие низкие оценки по этой шкале, отличаются склонностью к риску, решительностью, смелостью. Низкие оценки по фактору «робость» обнаруживают, в частности, люди, профессия которых связана с риском: акробаты, каскадеры, автогонщики, летчики. Результаты аппаратурной диагностики склонности к риску обнаруживают высокую корреляцию с указанными выше шкалами ММРІ (0,85) и Кеттелла (0,77).

Кроме общей диагностики склонности к риску, часто бывает необходимо изучить отдельные аспекты склонности к риску, что позволяет выделить индивидуально-психологические свойства, благоприятствующие выбору человеком рискованных способов действий.

Одной из особенностей поведения лиц, склонных к неоправданному риску, являются быстрота и недостаточная обоснованность перехода от анализа ситуации к действиям, недостаточный контроль правильности способа действия. Для диагностики этой особенности, получившей наименование «импульсивность», в тесте Кагана используется перцептивная задача поиска эталонного изображения в группе сходных с ним изображений. Импульсивные испытуемые при решении тестовой задачи, стремясь быстрее выполнить тест, произвольно ограничивают для себя время, отводимое на переработку информации, и в итоге принимают скорые, но неточные решения. Результаты этого теста хорошо коррелируют с оценками импульсивности по одной из модификаций теста Айзенка (EPQ). Самооценка и заключения, сделанные на основе анамнестических данных, подтверждают описание людей с высокими оценками импульсивности по тесту Кагана как склонных к риску и импульсивных.

Важный аспект поведения человека в ситуации риска — форма контроля. По этому признаку можно выделить два полярных типа: «экстерналов» и «интерналов». Интерналы считают, что возможные успехи и неудачи связаны прежде всего с их личным потенциалом (подготовкой, интеллектом и т. п.), экстерналы склонны искать причину успехов или неудач во внешних силах, влияние на которые с их стороны ограничено. Экспериментальные данные показывают, что экстерналы обнаруживают меньший уровень тревоги и большие успехи в «ситуа-

циях шанса», т. е. вероятностных, а интерналы — в ситуациях, выход из которых основан не на вероятностных оценках, а на навыках. Как уже отмечалось выше, решения с риском относятся как раз к классу вероятностных. Исходя из этого, можно ожидать большей склонности к риску у экстерналов, чем у интерналов, что подтверждают экспериментальные данные.

Склонность к риску как индивидуально-психологическая особенность не детерминирует непосредственно опасное поведение работающего, несчастные случаи, аварии и т. д. Так, М. А. Котик отмечает, что на готовность человека к риску, кроме склонности к риску как устойчивого качества, оказывают влияние, причем не менее существенное, различные факторы, связанные с включением человека в предметную деятельность.

Влияние склонности к риску на выбор опасных способов действий в значительной степени зависит от мотивации работающего: сильно мотивированные на успех и склонные к риску реже подвержены несчастным случаям, чем те, кто имеет хорошо выраженную склонность к риску, но ориентируется преимущественно на избежание неудачи. Последние готовы к ситуации опасности, ждут ее, но выходят из ситуации недостаточно уверенно, так как их внимание сосредоточено прежде всего на опасных последствиях, а не на обеспечении эффективности деятельности [10, с. 252—253].

Существенно сказывается на проявлении склонности к риску также влияние социально-психологических факторов. Известно, что уровень профессиональной бдительности, готовность к совершению опасных действий зависят от групповых норм, норм рабочего-инструктора и лидера группы. Особое значение этот факт приобретает в связи с тем, что склонные к риску экстраверты очень сильно в своем поведении ориентированы на групповые нормы, т. е. в случае существования в группе отрицательного отношения к соблюдению норм техники безопасности склонность экстравертов к риску значительно подкрепляется действием социально-психологических факторов.

Склонность к риску зависит и от профессиональной принадлежности: у лиц опасных профессий (например, электромонтеров) она выражена в большей степени, чем в контрольных группах. Существенное влияние на проявление склонности к риску, как показали многие эмпирические исследования, оказывает уровень организации труда на производстве: чем выше этот уровень, тем реже имеют место случаи опасных действий.

Степень риска в деятельности человека зависит также и от ситуативных факторов. Например, сдвиг к более рискованным способам действий определяется состоянием работающего. Выполнение работы в условиях шума или выполнение монотонной вычислительной работы детерминирует выбор субъектом более рискованных решений. Шум и монотонная работа вызывают развитие у человека отрицательных функциональных состоя-

ний, что, в свою очередь, сказывается на оценке ситуации риска в целом, на предпочтении опасных, но облегчающих работу способов действий.

Разнообразие и разноуровневый характер факторов, обуславливающих проявления готовности человека к риску, делают очень сложной задачу обеспечения безопасности труда, профилактики нарушений техники безопасности. Главным направлением работы по обеспечению безопасности труда является система мер по формированию у работающих индивидуального безопасного стиля деятельности, что вполне достижимо для относительно травматогенных систем «человек — техника». Отправной точкой в этой работе служит анализ деятельности, выявление опасных и безопасных способов действий, учет полученных данных при организации профессиональной подготовки и переподготовки рабочих с целью формирования индивидуального безопасного стиля деятельности.

Оптимальное включение работника в коллектив, сохранение и закрепление безопасного стиля деятельности должны обеспечиваться системой воспитательных мероприятий по формированию норм и ценностных ориентаций безопасного и безаварийного труда, по формированию мотивации безопасной деятельности. Общим фоном, благоприятствующим повышению безопасности труда, должна быть система мероприятий по улучшению организации и условий труда.

Глава 7

ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕТА ЭРГОНОМИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК — ТЕХНИКА — СРЕДА»

Известно, что исправление ошибки стоимостью 1 руб. в научно-исследовательской работе обходится на стадии опытно-конструкторской разработки в 10 руб., на стадии опытного производства — в 100 руб., а на стадии серийного производства — в 1000 руб. Цена же неисправленной ошибки в эксплуатации может достигнуть сотен тысяч рублей. Трех-четырекратное резервирование особо важных систем, введение специальных контуров контроля, имеющие целью уменьшение дорогостоящих ошибок, обходятся также дорого. В то же время на ошибки оператора приходится значительный процент аварий и аварийных отказов.

Большая часть ошибок операторов систем «человек — техника — среда» (СЧТС) связана с плохой приспособленностью эксплуатируемой техники к возможностям человека, ею управляющего. На этапе эксплуатации сложных человеко-машинных комплексов технически реализуемы лишь незначительные изменения в конструкции, повышающие удобство обращения с техникой. Наиболее полно и правильно эргономические требования, предъявляемые к машинной части СЧТС, человеку-оператору и их взаимодействию, можно учесть лишь на стадиях проектирования.

В общем виде задачами инженерного психолога здесь являются: эргономическое исследование, эргономическое проектирование, эргономическая экспертиза принятых решений. На практике эти задачи взаимосвязаны в цикл «исследование — проектирование — экспертиза», осуществление которого последовательно приближает создаваемый образец СЧТС к оптимуму.

7.1. ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАК ОСНОВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Объектами эргономического исследования являются характеристики машинной части СЧТС, свойства человека-оператора, внешние и внутренние параметры их взаимодействия, влияющие на эффективность функционирования СЧТС и удобство работы с ней оператора. Свойства человека-оператора и характеристики машинной части СЧТС рассмотрены в главах 3 и 5. Организация их взаимодействия представляет собой отдельный предмет исследования в эргономике.

Согласно *равнокомпонентному подходу* к изучению взаимодействия человека-оператора и техники, каждый отдельный фрагмент деятельности человека и функционирования техники должен быть охарактеризован количественными показателями: надежностью, точностью, быстродействием. Для этого взаимодействие человека-оператора и машинного компонента СЧТС разлагается на отдельные операции, для которых экспериментально устанавливаются вероятностные показатели (математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение) осуществления операций на требуемом уровне качества. Затем показатели отдельных операций (или «единиц» действий) объединяются в интегральные показатели всей деятельности человека и функционирования СЧТС. Объединение происходит в соответствии с теоремами теории вероятностей и математической статистики. Результатом таких исследований должны быть справочные данные в виде таблиц, которыми могли бы руководствоваться эргономисты при проектировании СЧТС.

Недостатком равнокомпонентного подхода в эргономическом исследовании является то, что он постулирует независимость реализации человеческих и машинных операций, а это не соответствует действительности. Кроме того, показатели точности, надежности и быстродействия, хотя и являются «выходными» для СЧТС, не исчерпывают всех характеристик деятельности человека как компонента СЧТС. Эргономичность в равнокомпонентном подходе понимается только в смысле эффективности СЧТС, без учета состояния оператора.

Антропоцентрический подход к исследованию взаимодействия человека-оператора и технической части СЧТС направлен на изучение как количественных, так и качественных характеристик этого взаимодействия, не формализуемых на современном этапе развития науки. Инженерно-психологические эксперименты дают общее представление о факторах, влияющих на деятельность человека-оператора и функционирование СЧТС. Задачей эргономиста, работающего в промышленности, является изучение влияния конкретных неблагоприятно действующих факторов (в том числе невыполненных эргономических требо-

ваний) на эффективность функционирования эксплуатируемых СЧТС.

Экспериментальные исследования в эргономике подразделяются на лабораторные, полунатурные и натурные. Лабораторные эксперименты позволяют изучать отдельные фрагменты деятельности оператора, например ввод числовой информации на цифровой клавиатуре, восприятие символьной информации на экране дисплея. В полунатурном эксперименте исследуются модели СЧТС, что позволяет изучать взаимодействие оператора и технической части СЧТС более полно. Максимальная целостность в изучении СЧТС достигается в натурном эксперименте, когда образец СЧТС функционирует в реальных условиях. Недостатками натурального эксперимента являются сложность организации и высокая стоимость работ. Особое место в эргономическом исследовании занимает имитационное моделирование с помощью ЭВМ, позволяющее в сравнительно короткие сроки и с приемлемыми затратами получать достаточно представительные результаты.

В последнее время, в связи с развитием электронной вычислительной техники, возник новый раздел в эргономических исследованиях взаимодействия компонентов СЧТС — изучение взаимодействия оператора-пользователя программного обеспечения с микропроцессорными системами переработки информации, в том числе с персональными ЭВМ. Цель этих исследований — максимальное облегчение работы человека при программировании, отладке и эксплуатации программ.

Результаты эргономических исследований оформляются в виде нормативно-технической документации разного уровня и используются в эргономическом проектировании.

7.2. НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО ЭРГОНОМИКЕ

В состав нормативно-технической документации, используемой при эргономическом проектировании СЧТС, входят: руководства по разработке техники, государственные стандарты (ГОСТ), отраслевые стандарты (ОСТ), стандарты предприятия (СТП), руководящие нормативные или организационные документы (РД).

Примерами нормативно-технического и методического материала по разработке техники с учетом требований эргономики и технической эстетики являются «Руководство по эргономическому обеспечению разработки техники» и методическое руководство «Эргономика: принципы и рекомендации». Первое руководство имеет межотраслевую направленность, а второе разработано в соответствии с планом научно-технического сотрудничества стран — членов СЭВ по проблемам эргономики,

т. е. регламентирует межгосударственные требования по человеческому фактору в производстве.

В *государственных стандартах СССР* эргономические требования учитываются в различных системах (см. Приложение) стандартов: системе «человек — машина», системе стандартов безопасности труда, комплексной системе общих технических требований, системе стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения, в ряде стандартов единой системы стандартов приборостроения. Организация эргономического обеспечения проектирования определяется стандартами системы разработки и постановки продукции на производство и единой системы конструкторской документации.

Стандарты системы «человек — машина» (СЧМ) можно разделить на несколько групп по тем объектам, которые они регламентируют. Так, ГОСТ 26387—84 устанавливает термины и определения для СЧМ, рабочего места оператора, рабочей среды на рабочем месте оператора, тренажеров. Следующую группу составляют стандарты, регламентирующие общие эргономические требования к отдельным техническим средствам деятельности: мнемосхемам, звуковым сигнализаторам, табло коллективного пользования, креслу человека-оператора, взаимному расположению рабочих мест и элементов рабочего места оператора, выключателям и переключателям (поворотным, клавишным и кнопочным, типа «тумблер»), маховикам управления и штурвалам, рычагам управления, пультам управления. Особо можно выделить ГОСТ 21829—76, регламентирующий такой аспект организации деятельности человека-оператора, как кодирование предъявляемой ему зрительной информации.

Система стандартов безопасности труда (ССБТ) устанавливает прежде всего предельно допустимые уровни факторов внешней среды на рабочем месте оператора. Основные понятия, термины, определения ССБТ даны в ГОСТе 12.0.002—80, а определение опасных и вредных производственных факторов — в ГОСТе 12.0.003—74. В стандартах ССБТ установлены общие требования безопасности к ультразвуку, шуму, воздуху рабочей зоны, вентиляционным системам, электромагнитным полям радиочастот, вредным веществам, биологической безопасности, вибрации. ГОСТами ССБТ регламентированы общие эргономические требования к пространственным параметрам рабочей зоны при работе сидя и стоя, требования к сигнальным цветам и знакам безопасности.

Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения (ССЭТО) имеет своей целью совершенствование разработки этих требований и последовательное обеспечение создаваемой в СССР техники для различных отраслей народного хозяйства с позиций эргономики. В ССЭТО будут учитываться также требования технической эстетики, которые ранее предполагалось зафиксировать в особой системе

стандартов. К настоящему времени в этой системе введены в действие стандарты на общие эргономические требования к знаковосинтезирующим цифровым индикаторам и электронно-лучевым приемным трубкам.

Кроме стандартов, в составе ССЭТО предусматривается выпуск руководящих нормативных документов, которые разрабатываются на объекты организационно-методического и общетехнического характера, не требующие регламентации в государственных и отраслевых стандартах. Так, например, введенный с 01.01.84 г. РД50—418—83 устанавливает основные положения и порядок проведения оценки соответствия стационарного производственного оборудования эргономическим требованиям при проектировании, изготовлении и эксплуатации на предприятиях всех отраслей народного хозяйства. Этот руководящий документ в совокупности со стандартами позволяет оперативно проводить эргономическую оценку рабочих мест операторов производственного оборудования.

В основополагающем стандарте единой системы стандартов приборостроения (ЕССП) — ГОСТ 26.001—80 — указано, что эта система распространяется на средства измерений и автоматизации, изготавливаемые и применяемые в различных областях народного хозяйства, для нужд научных исследований и выполняющие одну или несколько функций по восприятию, преобразованию, измерению, обработке, передаче, хранению, отображению, использованию информации, а также вспомогательные функции. Эргономические требования и требования технической эстетики устанавливаются для унифицированных конструкций средств измерения и автоматизации и других элементов рабочего места оператора, в частности определены размеры и начертание шрифтов для надписей на приборах.

Порядок эргономического обеспечения проектирования в общем виде регламентируется ГОСТами системы разработки и постановки продукции на производство и стандартами единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Первая система ГОСТов определяет, что процесс создания любого изделия начинается с разработки технического задания. Требования эргономики и технической эстетики должны устанавливаться в разделе «Технические требования» технического задания на создание изделия.

Единая система конструкторской документации определяет требования к составу и содержанию конструкторской документации на предпроектной стадии и на стадиях проектирования. В ГОСТах этой системы «Техническое предложение», «Эскизный проект», «Технический проект» указано, что в состав работ на данных стадиях входит сравнительная оценка разработанных вариантов, в том числе и по эргономическим показателям качества изделий. В пояснительной записке к техниче-

скому предложению, эскизному и техническому проектам оценка соответствия выбранных решений требованиям эргономики включена в раздел «Описание и обоснование выбранной конструкции». Указано также, что для проверки конструкторских решений могут изготавливаться макеты изделий. Материалы художественно-конструкторской проработки, не являющиеся конструкторскими документами (например, эскизы компоновки средств отображения информации (СОИ) и органов управления (ОУ) на лицевой панели пульта управления), приводятся в приложении к пояснительной записке.

Наряду с государственными стандартами порядок и содержание организации учета эргономических требований в системотехническом проектировании для видов техники, выпускаемых отраслями и подотраслями народного хозяйства, определяются *отраслевой нормативно-технической документацией* — отраслевыми стандартами (ОСТ), а также отраслевыми руководящими документами. Последние разрабатываются на объекты организационно-методического и общетехнического характера, не требующие регламентации в отраслевых стандартах. Руководящие документы подразделяются на документы в областях стандартизации, унификации, метрологии, управления качеством и аттестации качества. Эргономические документы относятся к двум последним группам. По видам руководящие документы делятся на методические указания, определяющие порядок организации и проведения работ, решения задач, разработки документов, анализа результатов деятельности; методики, устанавливающие правила исследований, выполнения расчетов, обработки данных; положения, определяющие структуру управления предприятием, функции, права, обязанности структурных подразделений; инструкции, определяющие способ и последовательность действий при проведении работ; правила проведения работ, разработки документации. Мероприятия эргономического обеспечения разработок регламентируются положениями, методическими указаниями, методиками. Примером отраслевой нормативно-технической документации по эргономике является отраслевой стандарт «Пульты управления радиоэлектронной аппаратурой. Эргономические требования к расположению СОИ и ОУ».

Эргономист в своей работе руководствуется также *стандартами предприятия*, разрабатываемыми в комплексной системе управления качеством продукции. Эти стандарты регламентируют положение о службе эргономического обеспечения на предприятии, порядок эргономического обеспечения разработок предприятия, типовые эргономические требования, подлежащие учету. Стандарты предприятия основываются на государственных и отраслевых стандартах, однако их содержание более конкретно, значения задаваемых эргономических параметров более определены.

7.3. УЧАСТИЕ ЭРГОНОМИСТОВ В СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Эргономические разработки. В настоящее время в практике создания систем «человек — техника — среда» (СЧТС) сложился определенный порядок, закрепленный в уже упоминавшихся государственных стандартах разработки и постановки продукции на производство и единой системы конструкторской документации. Он включает стадии разработки: технического задания на создание СЧТС, технического предложения, эскизного проекта, технического проекта, а также стадию разработки конструкторской документации, изготовления опытного образца и проведения предварительных испытаний (рабочий проект СЧТС).

На стадии разработки технического задания эргономист-психолог решает вопрос об эргономических требованиях, предъявляемых к будущей СЧТС. Исходя из анализа данных по эксплуатации прототипов и ближайших аналогов, результатов поисковых научных исследований и опытно-конструкторских работ, он определяет степень участия человека в функционировании СЧТС и общие эргономические требования к СЧТС. Итогом этой проработки является подраздел «Эргономические требования и требования технической эстетики» в разделе технического задания «Технические требования». Степень участия человека определяется, например, в виде: «Система обслуживается одним оператором непрерывно, в течение рабочей смены (8 ч)». Общие эргономические требования принято формулировать в виде ссылок на нормативно-техническую документацию, например: «Комплекс пультов управления должен соответствовать ГОСТам 23000—78, 12.2.032—78, 21958—76, ОСТу 5.8653—83». В этом же подразделе технического задания при необходимости устанавливаются требования к факторам среды на рабочем месте оператора и к уровню квалификации операторского персонала. Аналогично содержание деятельности эргономиста и в том случае, когда он участвует не в разработке технического задания, а в согласовании его с заказчиком.

На стадии разработки технического предложения эргономист анализирует все возможные варианты распределения функций между оператором (группой операторов) и машиной, а также между операторами и проводит предварительный выбор одного из вариантов. Эргономист разрабатывает обобщенный вариант организации взаимодействия оператора и машины (дает обобщенное алгоритмическое описание деятельности); анализирует варианты общей организации предъявляемой оператору (операторам) информации о состоянии предмета труда, СЧТС, внешней среды и предварительно выбирает один из них; составляет предварительный перечень средств отображе-

ния информации, органов управления, средств связи и других элементов рабочего места оператора; исследует возможные варианты конструкции рабочего места оператора и предварительно выбирает один из них (по форме, габаритным размерам и числу пультов управления, размещению средств отображения информации, органов управления, средств связи и других элементов рабочего места оператора); проводит эргономическую экспертизу выбранных решений.

В качестве исходных материалов на стадии технического предложения используются техническое задание на разработку СЧТС, эксплуатационные документы прототипа и аналогов, материалы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, государственные и отраслевые нормативно-технические документы.

Результатом деятельности инженерного психолога на стадии технического предложения являются: раздел в пояснительной записке к техническому предложению с обоснованием выбранных решений, эскизы лицевых панелей пультов управления и общих видов пультов управления, акт эргономической экспертизы.

На стадиях эскизного и технического проектов содержание труда эргономиста практически одно и то же и различается лишь степенью детализации. Основные работы на этих стадиях включают: разработку распределения функций между оператором (группой операторов) и машиной, а также между операторами; составление перечня средств отображения информации, органов управления, средств связи и других элементов рабочего места оператора; разработку организации рабочего места оператора; создание информационной модели, определение логической организации деятельности (алгоритма деятельности) оператора; эргономическую экспертизу принятых решений.

В качестве исходных материалов на этих стадиях используются техническое задание, проектные документы технического предложения (эскизного проекта), материалы научных исследований и опытно-конструкторских разработок, государственные и отраслевые стандарты.

Результатом деятельности эргономиста на стадиях эскизного и технического проектов являются: раздел пояснительной записки к эскизному (техническому) проекту, чертежи (эскизы) лицевых панелей и общих видов пультов управления, акт эргономической экспертизы.

На стадии разработки конструкторской документации, изготовления опытного образца и проведения предварительных испытаний эргономист совместно с разработчиком принимает участие в разработке эксплуатационных документов СЧТС (инструкций по эксплуатации для операторов) и конструкторских документов; самостоятельно осуществляет эргономиче-

скую экспертизу конструкторских и эксплуатационных документов, а также образцов СЧТС; разрабатывает программы и методики проверки выполнения эргономических требований на испытаниях образцов.

В качестве исходных материалов на этой стадии используются техническое задание, проектные документы эскизного либо технического проекта, государственные и отраслевые стандарты, эксплуатационные и конструкторские документы, предназначенные для изготовления и испытаний образцов СЧТС, образец СЧТС.

Результатами труда эргономиста на стадии рабочего проекта являются: эксплуатационные документы (раздел в инструкции по эксплуатации), акт эргономической экспертизы, протокол испытаний по проверке выполнения эргономических требований.

Создание СЧТС заканчивается на стадии испытаний. Следующий этап «жизненного» цикла СЧТС — эксплуатация — также требует контроля со стороны эргономиста. Ему следует организовать систему сбора информации об эксплуатации СЧТС по формулярам отказов и сбоев, аналогичную имеющейся в группе ГОСТов «Система стандартов „Надежность в технике“».

Эргономическая экспертиза. В последовательности работ по эргономическому проектированию СЧТС необходимо выделить и подробнее рассмотреть эргономическую экспертизу принятых проектных решений.

Цель этой экспертизы — повышение эффективности функционирования СЧТС и удобства работы с ней оператора путем контроля за выполнением в проектных, конструкторских и эксплуатационных документах, образцах СЧТС требований, основанных на учете характеристик технической части СЧТС, человека-оператора и их взаимодействия.

Эргономическая экспертиза — комплекс научно-технических и организационно-методических мероприятий по оценке выполнения в проектных, предпроектных и рабочих документах и в образцах СЧТС эргономических требований технического задания, нормативно-технических и руководящих документов, а также по разработке рекомендаций для устранения отступлений от этих требований. Указанная экспертиза проводится при обосновании выполнения каждого этапа опытно-конструкторской разработки: технического предложения, эскизного проекта, технического проекта, рабочего проекта. Материалы ее — акт либо протокол — включаются в документы, представляемые на защиту проекта.

Исходными материалами для эргономической экспертизы служат техническое задание на разработку системы, конструкторские документы, материалы защиты проекта на предыдущей стадии разработки, образцы СЧТС и их составные части.

На стадии технического предложения экспертизе подлежат: распределение функций между оператором и машиной, количественный и квалификационный состав операторов, номенклатура технических средств деятельности, факторы внешней среды на рабочем месте оператора.

На стадиях эскизного, технического и рабочего проектов экспертизе подвергаются: распределение функций между оператором (группой операторов) и машиной, а также между операторами; информационная модель; алгоритмы деятельности операторов; структура деятельности операторов; элементы рабочего места (средства отображения информации, органы управления, средства связи и другие элементы рабочего места оператора); конструкция рабочего места оператора (форма, габаритные размеры пультов управления, размещение средств отображения информации, органов управления, средств связи и других элементов).

Для осуществления эргономической экспертизы составляется программа, в разделах которой указываются ее объект, цель, общие положения, объем, условия и порядок проведения, отчетность. Объектом экспертизы могут быть образец СЧТС, его составные части, чертежи лицевых панелей и внешнего вида пультов управления, организация деятельности оператора (по описанию в пояснительной записке к проекту либо в инструкции по эксплуатации). Цель эргономической экспертизы была сформулирована выше. Общие положения описывают критерии принятия решения и выбранный метод экспертизы, указывают используемую нормативно-техническую документацию. Объем определяется перечнем проверяемых эргономических требований, количеством проверок, осуществляемых экспертами, объемом выполняемых расчетов. Условия и порядок проведения экспертизы устанавливают место и время ее проведения, состав группы экспертов, требования к вспомогательному оборудованию (моделям, макетам и т. д.). Раздел «Отчетность» содержит документы, составленные по результатам экспертизы: акт, протокол, заключение. В акте эргономической экспертизы указываются: название СЧТС, стадия разработки, объект экспертизы, исходные материалы, цель экспертизы; обязательно должны быть приведены перечень отступлений от эргономических требований и рекомендации по их устранению. Заканчивается акт общей оценкой эргономичности объекта экспертизы (в количественной либо качественной форме). Акт эргономической экспертизы утверждается руководителем предприятия и включается в состав технической документации на СЧТС.

7.4. СОЦИАЛЬНАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

Теоретические вопросы и практическая эффективность. Внедрение достижений эргономики в практику имеет не только экономическое, но и социальное значение, так как способствует решению важнейшей общественной проблемы — превращению труда в главную жизненную потребность каждого человека.

Основными социальными целями эргономических исследований являются: всестороннее развитие человека; развитие и совершенствование отношений, возникающих в процессе труда; охрана труда и здоровья трудящихся. Кардинальный путь достижения социальных целей лежит в повышении культуры производства.

Понятие культуры производства включает три составляющих:

- техническую культуру на предприятии, которая определяется условиями развития техники и технологии производства, уровнем его механизации и автоматизации, качеством продукции;

- общую культуру на производстве, складывающуюся из условий труда и культурно-бытового обслуживания работающих;

- личную культуру работающего, определяемую его отношением к труду, профессиональной подготовкой, взаимоотношениями в производственном коллективе.

Оценка социальной эффективности эргономических исследований проводится с помощью количественных показателей. В качестве таковых используются показатели, применяемые для оценки эффективности внедрения эргономических разработок в системе НОТ.

Исходной предпосылкой для определения экономического эффекта от внедрения эргономических разработок является концепция предотвращения ущерба. Согласно этой концепции, величина эффекта оценивается как сумма потерь для общества, которые удалось предотвратить благодаря внедрению тех или иных мероприятий. Однако только предотвращением ущерба не ограничиваются возможные источники экономии. Более обоснованным, по мнению Н. П. Беневоленской, в изучении человеческого фактора является использование двух направлений:

- 1) определения потерь для общества, связанных с воздействием на человека неблагоприятных факторов, возникающих при эксплуатации техники;

- 2) определения влияния человеческого фактора на производительность труда и эффективность эксплуатации техники.

Именно эти направления положил в основу рассмотрения экономических проблем эргономических и инженерно-психоло-

гических исследований М. А. Котик. Он определил круг эргономических мероприятий, для которых возможно и необходимо рассчитать экономическую эффективность. Этот круг ограничен, с одной стороны, определенными видами (теоретические разработки и часть прикладных исследований), а с другой,—целями проводимых работ (исследования организационного и отчасти социального характера). Эффективность всех других выполняемых работ должна оцениваться с помощью общенаучных и социальных критериев.

Таким образом, важным методологическим вопросом является выбор показателей и критериев для экономической оценки эргономических рекомендаций. Здесь возможны два подхода. Первый связан с разработкой принципиально новых критериев и показателей, например, таких, как удовлетворение трудом, время восстановления работоспособности после работы, использование фонда рабочего времени, использование возможностей системы «человек — машина». Второй подход основан на применении существующих критериев и показателей определения экономической эффективности научно-технических разработок. Это годовой экономический эффект, срок окупаемости и коэффициент экономической эффективности. Специфика эргономических разработок в данном случае заключается в выявлении возможных источников экономии и метода ее определения для различных типов АСУ. При этом важно учитывать два обстоятельства. Во-первых, затраты, направленные на решение социальных задач, не всегда должны окупаться в определенный срок. Поэтому при экономической оценке следует, как правило, использовать лишь показатель годового экономического эффекта. Во-вторых, если для разработок, связанных с учетом человеческого фактора, все же возникает необходимость определить срок окупаемости, то, по рекомендации Института экономики АН СССР, он должен устанавливаться продолжительностью в 12 лет.

Экономическая оценка системы «человек — машина» позволяет: обосновать целесообразность внедрения эргономических разработок; определить влияние эргономических и инженерно-психологических мероприятий на общую экономическую эффективность этой системы; сравнить конкурирующие варианты построения системы «человек — машина» по экономическим показателям; обосновать темпы роста производительности труда; оценить деятельность подразделений и отдельных специалистов, занимающихся эргономическими исследованиями и разработками; обосновать формы морального и размеры материального поощрения за разработку и внедрение эргономических мероприятий.

Важнейшей задачей эргономики является также научное обоснование и выработка для проектировщиков, организаторов производства и эксплуатационников конкретных рекомендаций

по созданию и применению оптимальных эргатических систем как с учетом различных ограничений, накладываемых на оператора, машину, среду, так и с учетом экономических факторов. При этом важно обеспечить совместимость эргатических подсистем, т. е. рациональное объединение оператора, машины и среды. Обеспечение информационной, энергетической, биофизической, пространственно-антропометрической, технико-эстетической совместимости эргатических подсистем приводит к повышению их качества, эффективности функционирования, а тем самым и к росту экономической и социальной эффективности. Существенный экономический эффект позволяет получить и комплексный подход к новой технике как системе «оператор — машина — среда» за счет более полного учета и использования действующих факторов производства.

В настоящее время уже накоплены данные, свидетельствующие о высокой экономической эффективности эргономических и инженерно-психологических разработок, выполняемых в различных отраслях народного хозяйства. Так, внедрение новых форм, с улучшенными эргономическими характеристиками, систем управления (в первую очередь пультов управления) в аммиачном производстве на Щекинском химкомбинате сократило вспомогательный персонал на 40%, а нарушения технологического режима — на 15% при экономическом эффекте 50 тыс. руб. в год. Рационализация пультов управления объединенной энергосистемы Урала дала экономический эффект в 15 тыс. руб. в год, а от внедрения проекта комплексной автоматизации системы управления ожидается значительный экономический эффект. Суммарный экономический эффект практических разработок эргатических подсистем лаборатории АСУ Института психологии АН СССР составил 500 тыс. руб. в год.

Использование рекомендаций авиационной эргономики при разработке кабины одного из самолетов в ОКБ генерального конструктора О. К. Антонова позволило увеличить время, которым располагает экипаж на пилотирование, на 30—60%, повысить оперативную готовность самолета на 15—20%, уменьшить вероятность ошибочных действий пилота, улучшить условия работы и резко повысить безопасность полетов.

Значительный экономический эффект был достигнут при эргономической оптимизации рабочего места оператора в промышленности. Согласно данным промышленных министерств, внедрение типовых проектов организации рабочего места для массовых профессий позволило условно высвободить 400 тыс. работников в год, что эквивалентно повышению производительности труда на 1,2—1,3%.

Статистика эргономических исследований показала, что 8—10% работающих на транспорте и в промышленности не соответствуют по своим психофизиологическим характеристикам требованиям профессии. Этим обусловлено более 40% автомо-

бильных происшествий, 65% производственных травм и несчастных случаев, 80—90% нарушений режима работы.

К настоящему времени эргономические и инженерно-психологические рекомендации внедрены, по данным Г. М. Зараковского, на 55 предприятиях. Их распределение по отраслям показано в табл. 12.

Таблица 12. Распределение эргономических рекомендаций по отраслям народного хозяйства

Отрасль (по условной классификации)	Рекомендации	
	число	%
Машиностроение	12	23,1
Электро-радио-приборостроение	12	23,1
Легкая промышленность	8	15,4
Транспорт	5	9,6
Связь	5	9,6
Горнодобывающая промышленность	4	7,7
Энергетика (энергообъединение)	3	5,8
Химическая промышленность	3	5,8

Эргономические рекомендации и разработки дали возможность повысить производительность труда, улучшить условия на рабочем месте представителям 46 видов профессий. Их можно сгруппировать по классам профессий, используя критерий доминирующей психологической характеристики трудовой деятельности (табл. 13).

Таблица 13. Распределение эргономических рекомендаций по классам профессий

Класс профессий	Рекомендации	
	число	%
Обработчики материалов (станочники, мотористы)	19	23,0
Операторы АСУ (на прокатных станах, диспетчеры)	17	20,0
Сборщики (слесари, радиомонтажники и др.)	16	18,8
Контролеры (ОТК, ткачихи и др.)	13	15,3
Водители (пилоты, шоферы, крановщики и др.)	11	12,9
Перекодировщики (радиотелеграфисты, наборщики и др.)	6	7,0
Исследователи (конструкторы)	3	3,0

По направленности эргономические рекомендации делятся на такие классы, как комплексная оптимизация, оптимизация обучения, учет различных психологических факторов, оптимизация темпоскоростных операций, оптимизация структуры деятельности, оптимизация режима труда и др. Экономический эффект по каждому из перечисленных классов рекомендаций представлен в табл. 14.

Таблица 14. Распределение различных классов рекомендаций и значение показателей их результатов

Класс рекомендаций	Распределение, %	Прирост произв. труда, %	Сокращение				Экон. эффект, тыс. руб.
			брака, %	ошибок, п раз	времени, %	персон., чел.	
Комплексная оптимизация	30,7	3—100	3—4	—	18	6—682	6,5—12000
Оптимизация структуры деятельности	21,8	5—40	20	3—5	12—34	—	12—800
Оптимизация режимов труда	14,2	1—50	—	—	—	—	26—99
Учет свойств образа концептуального кода	8,7	100	—	7—35	—	—	24—1000
Усиление опознавательных признаков	7,9	10—15	42	87	—	—	10—22
Оптимизация обучения	6,3	10—49	10—35	—	100	—	75—2200
Учет свойств памяти	3,9	4—20	—	—	—	—	9,3
Улучшение саморегуляции	3,1	13—50	—	—	—	—	80

Расчет экономической эффективности. Экономическая оценка эргономических разработок включает несколько этапов:

- определение видов СЧМ,
- определение возможных источников экономии,
- выбор базового варианта,
- уточнение исходных соотношений,
- расчет годовой экономии,
- определение экономического эффекта.

Область применения результатов эргономических и инженерно-психологических исследований и разработок весьма обширна при условии адекватного учета методологических вопросов выбора системы критериев и показателей для экономической оценки. В настоящее время в практике расчетов экономической эффективности эргономических разработок, мероприятий и рекомендаций используется несколько существующих методик экономической оценки капитальных вложений и тех-

ники. При расчете экономической эффективности эргономических разработок широко применяются методики, предложенные Б. А. Смирновым и А. И. Губинским с соавторами.

Мы остановимся на методике А. И. Губинского с соавторами, которая является наиболее доступной. Данная методика помогает определить влияние эргономических исследований и разработок на технические и социально-экономические показатели системы «человек — техника». Как указывают авторы методики, повышение качества системы «человек — техника» происходит за счет проведения исследований по четырем основным направлениям:

- 1) улучшению организации, куда входят распределение функций между человеком и техническими средствами, распределение функций в коллективе, определение численности персонала;

- 2) организации деятельности человека-оператора путем проектирования алгоритмов деятельности оператора, описания структуры деятельности, разработки и создания информационной модели, разработки методов обучения операторов, организации психофизиологического отбора, организации режимов труда и отдыха;

- 3) определению требований к техническим средствам деятельности, таким, как элементы рабочего места, конструкции рабочего места, аппаратура обучения и тренировки;

- 4) определению требований к обитаемости (среде) с помощью физических (освещенность, температура, влажность, вибрация, излучение), химических (загазованность атмосферы, загрязненность воды и т. д.) и биологических (концентрация различных микроорганизмов) факторов.

Все эти направления исследований характерны для различных видов систем «человек — техника» и ведут к улучшению таких технических и социально-экономических показателей, как увеличение производительности, снижение себестоимости, уменьшение численности персонала, снижение травматизма и заболеваний, уменьшение текучести кадров, повышение надежности системы «человек — техника», увеличение срока ее службы, повышение квалификации персонала, снижение утомления.

При проведении эргономических исследований и разработок оценка экономической эффективности базируется на обосновании целесообразности проведения исследований и разработок, определении влияния внедрения результатов разработок на результирующую эффективность СЧМ, сравнении двух или более вариантов разрабатываемых СЧМ по экономическим показателям.

Из комплекса экономических показателей, характеризующих в той или иной степени эффективность изделия, системы или процесса, для СЧМ наиболее целесообразно, по мнению А. И. Губинского с соавторами, выбирать следующие:

- условно-годовую экономию внедрения результатов исследования или разработок,
- годовой экономический эффект внедрения,
- срок окупаемости капитальных затрат.

Определение экономической эффективности производится как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации СЧМ. Экономическая эффективность на стадии проектирования называется ожидаемой, а на стадии эксплуатации — фактической.

Условно-годовая экономия, получаемая за счет внедрения результатов эргономических исследований и разработок, определяется следующим образом:

$$\Delta U_n = U_n - U_c, \quad (1)$$

где U_n — годовая экономия от внедрения новой СЧМ; U_c — годовая экономия, определяемая для базовой СЧМ.

Годовой экономический эффект, обусловленный внедрением эргономического обеспечения, оценивается с учетом затрат по формуле

$$\Delta \mathcal{E}_n = \Delta U_n - E \Delta K_n,$$

где ΔK_n — дополнительные единовременные затраты, связанные с проведением и внедрением результатов эргономических исследований и разработок; E — нормативный коэффициент капитальных вложений ($E=0,15$). При определении экономической эффективности разработок, рассчитанных на многолетнюю реализацию, фактор времени учитывается путем приведения капитальных вложений к одному моменту времени.

Для различных СЧМ в зависимости от направленности эргономических и инженерно-психологических исследований и разработок условно-годовая экономия (ΔU_n) определяется разными факторами:

1. При проведении исследовательских работ — сокращением сроков разработки СЧМ, уменьшением стоимости разработки, повышением эффективности СЧМ.

2. При модификации существующих СЧМ — увеличением объема реализации (снижением себестоимости продукции), снижением эксплуатационных затрат (расходов по освоению, подготовке производства, заработной плате и других расходов).

Эргономические и инженерно-психологические исследования и внедрение их результатов предназначены для разработчика СЧМ и пользователя (эксплуатационника), общая годовая экономия которых может быть представлена формулой

$$\Delta U_n = \Delta U_{n.p} + \Delta U_{n.п}, \quad (2)$$

где $\Delta U_{n.p}$ — годовая экономия разработчика за счет уменьше-

ния затрат на проектирование (разработку); $\Delta U_{н.п}$ — годовая экономия пользователя при эксплуатации СЧМ.

Расчет экономической эффективности при разработке СЧМ. Наличие типовых эргономических решений позволяет значительно сократить сроки разработки новых перспективных типов СЧМ. Годовая экономия разработчиков может быть определена по формуле

$$\Delta U_{н.п} = N(C_1 - C_2) - 1/T_1, \quad (3)$$

где $N=2$ — количество проектов СЧМ, разрабатываемых в год; C_1 и C_2 — средняя стоимость одного проекта до и после внедрения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) ($C_1=200\,000$ руб.).

В настоящем расчете не принимаются во внимание такие факторы, как изменение (снижение) квалификации ряда проектировщиков; уменьшение количества проектировщиков и др. Учитывая ускорение сроков проектирования, получим

$$C_2 = (C_1/T_1) \cdot T_2, \quad (4)$$

где $T_1=3$ годам и $T_2=2,5$ года — время проектирования СЧМ до и после внедрения результатов исследования НИОКР.

Подставляя конкретные значения в формулу (4), получим

$$C_2 = (200\,000/3) \cdot 2,5 \simeq 167 \text{ тыс.руб.},$$

а подставив последний результат в формулу (3), будем иметь

$$\Delta U_{н.п} = 2 \cdot (200\,000 - 167\,000) \cdot 1/3 = 22,3 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет экономической эффективности при эксплуатации СЧМ. Экономия при эксплуатации данной СЧМ складывается из следующих факторов:

1) повышения качества функционирования СЧМ за счет построения оптимального алгоритма деятельности и введения в него структурной избыточности, что уменьшает число пересчетов задач, вызванных ошибками пользователя;

2) уменьшения численности персонала на основе рационального распределения функций между человеком и техническими средствами;

3) увеличения срока службы СЧМ за счет расширения круга задач, решаемых с помощью СЧМ.

Тогда

$$\Delta U_{н.п} = \Delta U_{ош} + \Delta U_{перс} + \Delta U_{сл}, \quad (5)$$

где $\Delta U_{ош}$, $\Delta U_{перс}$ и $\Delta U_{сл}$ — соответственно годовая экономия за счет уменьшения числа пересчетов задач вследствие ошибок

пользователя, уменьшения численности персонала и увеличения срока службы СЧМ.

Годовая экономия за счет уменьшения числа ошибок пользователя может быть подсчитана по формуле

$$\Delta U_{\text{ош}} = L_1 P_{11} (1 - P_{\text{вв}}) t_{\text{г}} t_0 C_0 - L_2 P_{21} (1 - P_{\text{вв}}) t_{\text{г}} t_0 C_0, \quad (6)$$

где $L_1=100$ и $L_2=100$ — количество СЧМ, находящихся в эксплуатации до и после внедрения результатов исследования; $P_{11}=0,01$ и $P_{21}=0,005$ — вероятности появления ошибок до и после внедрения результатов исследования; $P_{\text{вв}}=0,95$ — вероятность правильного распознавания оператором собственной ошибки (самоконтроль); $t_{\text{г}}=3600$ ч — среднее время функционирования СЧМ в течение года; $t_0=3$ ч — среднее время устранения пользователем ошибки (это время складывается из времени распознавания ошибки, ее идентификации, выдачи информации о виде ошибки, ее корректировки и времени повторного решения задачи); $C_0=90$ тыс. руб./ч — средняя стоимость часа времени устранения ошибки (простоя, непроизводительной загрузки комплекса технических средств, повторного решения задачи). Подставив приведенные данные в формулу (6), получим

$$\Delta U_{\text{ош}} = 100 \cdot 0,01 \cdot (1 - 0,95) \cdot 3600 \cdot 3 \cdot 90 - 100 \cdot 0,005 \cdot (1 - 0,95) \times \\ \times 3600 \cdot 3 \cdot 90 = 24,3 \text{ тыс. руб.}$$

При расчете экономии вследствие уменьшения численности персонала не учитываются затраты на социальное страхование, высвобождение рабочей силы; в расчет принимаются только прямые расходы. Годовая экономия в результате уменьшения численности, с возможным повышением квалификации специалистов, может быть определена по формуле

$$\Delta U_{\text{перс}} = L_1 t_{\text{г}} C_{\text{п1}} N_1 - L_2 t_{\text{г}} C_{\text{п2}} N_2, \quad (7)$$

где $C_{\text{п1}}=1,5$; $C_{\text{п2}}=1,7$ — средняя стоимость 1 чел.-часа работы специалиста до и после внедрения результатов разработки (повышение стоимости 1 чел.-часа связано с усложнением работы и возрастанием требований к персоналу); $N_1=25$ и $N_2=22$ — количество специалистов, занятых в СЧМ до и после внедрения результатов разработки.

Приведенные значения подставляем в формулу (7) и получаем

$$\Delta U_{\text{перс}} = 100 \cdot 3600 \cdot 1,5 \cdot 25 - 100 \cdot 3600 \cdot 1,7 \cdot 22 = 36 \text{ тыс. руб.}$$

При оценке годовой экономии вследствие увеличения срока службы СЧМ считается, что она пропорциональна его относи-

тельному увеличению. Следовательно, годовая экономия по этому фактору может быть определена по формуле

$$\Delta U_{\text{сл}} = NC_1(T_{\text{сл}2}/T_{\text{сл}1} - 1)/T_{\text{сл}1}, \quad (8)$$

где $T_{\text{сл}1}=7$ лет и $T_{\text{сл}2}=8$ лет — время эксплуатации (срок службы) базовой и проектируемой СЧМ.

Подставляя приведенные значения в формулу (8), получим

$$\Delta U_{\text{сл}} = (2 \cdot 200\,000/7) \cdot (8/7 - 1) = 8,2 \text{ тыс. руб.}$$

Годовая экономия на стадии эксплуатации СЧМ, определяемая по формуле (5), составляет

$$\Delta U_{\text{н.п}} = 24,3 + 36 + 8,2 = 68,5 \text{ тыс. руб.}$$

Общая годовая экономия, рассчитанная по формуле (2), будет

$$\Delta U_{\text{н}} = 22,3 + 68,5 = 90,8 \text{ тыс. руб.}$$

Учитывая, что стоимость проведения эргономической разработки равна 20 тыс. руб., получаем значение годового экономического эффекта:

$$\mathcal{E}_9 = 90,8 - 0,15 \cdot 20 = 87,8 \text{ тыс. руб.}$$

Приведем два примера расчета экономической эффективности эргономических разработок.

Пример 1. Комплекс эргономических мероприятий (улучшение освещенности, замена ручки паяльника, снижение уровня шума) позволил повысить качество выпускаемой продукции, что нашло отражение в повышении цены изделия А ($A_1=4,12$ руб., $A_2=4,42$ руб.).

Годовой объем выпуска A_2 — 10 000 шт.

Дополнительные капитальные вложения — 5,0 тыс. руб.

Стоимость эргономического проекта — 5,0 тыс. руб.

Прирост прибыли от реализации единицы изделия A_2 :

$$P_2 - P_1 = 4,42 - 4,12 = 0,3 \text{ руб.}$$

Годовая экономия $\Delta U_{\text{н}}$ определяет весь эффект от внедрения эргономических мероприятий:

$$\Delta U_{\text{н}} = \Delta U_{\text{п}} = 0,3 \cdot 10\,000 = 3,0 \text{ тыс. руб.}$$

Годовой эффект

$$\mathcal{E}_9 = 3,0 - 0,15 (5,0 + 5,0) = 1,5 \text{ тыс. руб.}$$

Срок окупаемости (T_o)

$$T_o = 10,0/1,5 = 6,7 \text{ года.}$$

При $E=0,15$ (нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений) разработка находится на границе экономической целесообразности. Малейшее увеличение капитальных затрат или снижение экономии переводит разработку в разряд экономически нецелесообразных.

Пример 2. Целью проектирования эргономического обеспечения для АСУ ТП являлось проведение обоснованного распределения функций между человеком и ЭВМ, что позволило сократить численность операторов на подготовку данных на 2 человека.

Затраты на разработку проекта — 5,0 тыс. руб.

Дополнительные капитальные затраты (покупка контроллера) — 5,0 тыс. руб.

Годовой фонд заработной платы одного работника — 1600 руб. (с учетом коэффициента отчисления на дополнительную заработную плату и социальное страхование). Годовой эффект от внедрения эргономических мероприятий определяется по формуле

$$\Delta U_3 = \sum k_i \cdot n_i \cdot b_i,$$

где n_i — число высвобожденных работников i -й категории ($i=1, 2, \dots, n$); b_i — годовой фонд заработной платы для одного работника i -й категории; k_i — коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату и социальное страхование, равный примерно 1,2.

Подставляя конкретные значения в приведенную формулу, получим годовой эффект от внедрения эргономических мероприятий и срок окупаемости:

$$\Delta U_3 = 1600 \cdot 2 = 3200 \text{ руб.}$$

$$\Delta_3 = 3200 - 0,15(5,0 + 5,0) = 1700 \text{ руб.}$$

$$T_0 = 10,0/1,7 = 5,9 \text{ года.}$$

Приведенные примеры достаточно ярко свидетельствуют о том, что затраты на эргономические исследования быстро окупаются, а технико-экономический эффект оказывается весьма ощутимым.

В заключение необходимо сделать одно замечание. Большинство расчетов экономической эффективности эргономических исследований связано с этапами изготовления и эксплуатации техники. Такое положение вполне объяснимо, ибо в этом случае данные о стоимости до и после внедрения разработок более доступны, чем на этапе раннего проектирования. Но есть все основания полагать, что именно на ранних стадиях проектирования и разработки систем «человек — машина» эргономические исследования могут дать наибольший технико-экономический эффект, так как на этих стадиях можно предотвратить многие неправильные проектировочные решения и устранить необоснованные с эргономической позиции требования на увеличение капиталовложений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заканчивая изложение, целесообразно подвести итоги современному состоянию эргономики и наметить перспективы ее развития.

Эргономика представляет собой научный комплекс, образованный большим числом научных дисциплин, которые традиционно относятся к гуманитарным, естественным и техническим наукам. Это социология, психология и педагогика, гигиена и физиология, биология и экология, экономика и охрана труда, техническая эстетика, различные технические науки и технологические дисциплины, кибернетика и математика, другие науки, в которых с различных точек зрения и в разных аспектах изучались и изучаются те или иные компоненты труда и труд в целом.

Объединяют и цементируют усилия многочисленных научных дисциплин в составе эргономики общие проблемы и цели, которые определяют задачи, предметную область, объекты изучения и разработки, а также методический инструментарий эргономики.

Эргономическая проблематика порождена научно-техническим прогрессом и его последствиями в виде значительных изменений в характере труда, роста аварийности и травматизма, количества нервно-психических и связанных с ними соматических заболеваний, недостаточной эффективности новых технических систем и изделий, повышенной нехватки и текучести кадров и т. д.

Этой проблематикой определены главные цели эргономики: повышение эффективности и гуманности труда, т. е. повыше-

ние его производительности, качества и безопасности, обеспечение условий для развития личности трудящегося человека.

Указанные цели, соотнесенные с современным состоянием и перспективами интенсификации научно-технического прогресса, определяют общие теоретические и практические задачи эргономики.

Под влиянием возникавших проблем и осмысливаемых целей эргономика формировалась как преимущественно прикладная научная область, в которой сочетались различные, заимствованные из гигиены, охраны, научной организации, физиологии и психологии труда, инженерной психологии, других наук практические меры по учету «человеческого фактора» в разработке, создании и эксплуатации сложных технических систем и изделий. Поэтому к числу практических задач эргономики относится разработка антропометрических, биомеханических, гигиенических, инженерно- и социально-психологических и многих других нормативов для проектирования, оценки, эксплуатации рабочего места, производственной и окружающей среды, режимов труда и отдыха, квалификации работников, инструмента, технических средств и оборудования, которые используются в процессе труда, а также содержания, технологии, организации и других компонентов или аспектов труда. В соответствии с нормативами выполняются аттестация и рационализация рабочих мест, разработка новой техники и технологий, оценка потребительных свойств изделий. Это важные практические задачи эргономики. Есть и много других, более конкретных задач, которые были рассмотрены выше.

Понятно, что решение практических задач до определенного уровня качества возможно на эмпирической основе при относительной независимости усилий научных дисциплин, образующих эргономику. Но сейчас уже требуются определенный методологический синтез и создание общих теоретических основ эргономики. Следовательно, возникают задачи теоретического и методологического плана, а также основанные на общих теоретических и методологических предпосылках задачи эмпирических исследований в эргономике.

К числу теоретических задач относятся разработка системы основных и производных понятий эргономики, разработка теоретических концепций для эргономического проектирования и эргономического обеспечения создания и эксплуатации производительных и в то же время гуманных, удобных технических систем, технологических процессов и изделий.

Методологическими задачами являются прежде всего разработка системы принципов эргономики, конкретизирующих антропоцентрический подход, а также разработка системы методов эргономического исследования и проектирования, эргономической оценки существующих и вновь создаваемых видов и форм механизированного и автоматизированного труда.

К числу актуальных и перспективных задач эмпирических исследований в эргономике необходимо отнести: задачи изучения законов взаимодействия человека, техники и среды, определяющих качество труда и его продуктов; задачи выявления и проверки роли конкретных изменений труда в развитии человека, сохранении окружающей среды и здоровья людей; задачи проверки значимости выполнения отдельных нормативов, их вклада в общую эргономичность компонентов труда.

В целом, подводя итоги, нельзя сказать, что круг теоретических и практических задач эргономики в настоящее время ясно очерчен и хорошо определен — некоторые задачи еще только поставлены, нет достаточной их систематизации. Здесь многое еще предстоит сделать.

В известной мере уяснены и очерчены предметная область и объекты, изучаемые эргономикой.

Предмет эргономики — это область труда во всей его сложности и многообразии. Труд — важнейшая из социальных систем, обуславливающих существование, историческое и прижизненное индивидуальное и социальное развитие человека, развитие общества в целом. Трудящийся человек является системообразующим фактором труда, соединяющим и оживляющим материально-технические, технологические и другие компоненты трудовой системы.

В этой связи конкретные трудящиеся люди и трудовые коллективы, материально-технические и другие аспекты и компоненты труда, условия в его разнообразных видах и формах, сами эти виды и формы, значительная часть которых обладает высоким уровнем технической оснащенности и энерговооруженности, обуславливающими высокую производительность и в то же время большую сложность, напряженность, опасность и многие другие особенности человеческого труда, — все это образует множество объектов, изучаемых эргономикой.

Оценивая современное состояние эргономики, нужно отметить определенные достижения в создании методического инструментария и практических разработок.

Уже создан и успешно применяется на практике целый ряд методов и конкретных методик: методики алгоритмизации трудовых действий и взаимодействий человека; методы разработки структурно-алгоритмических и функционально-структурных моделей процесса решения трудовых задач, режимов работы, индивидуальной и коллективной частей трудовой деятельности; методы анализа и синтеза таких моделей и на их основе — методы и методики расчета надежности и эффективности действий и фрагментов деятельности, методики оптимальной компоновки приборов и оборудования на рабочем месте, а также рабочих мест в рабочем помещении; методы эргономической квалиметрии и методики оценки эргономичности приборов,

других технических средств, рабочего места; методы профессиографии и разработки моделей специалистов.

В результате эмпирических исследований в сфере тех наук, которые образуют эргономику, и отчасти в специальных эргономических исследованиях получено и накоплено большое число количественных данных и качественных сведений о характеристиках человека в процессе труда, о показателях эргономичности технических систем и изделий, условий труда. На этой основе разработано значительное количество рекомендаций, вошедших в справочники, государственные и отраслевые стандарты, методические руководства и руководящие технические материалы многих предприятий.

Тем не менее методические и особенно практические достижения эргономики выглядят пока скромно пред лицом ее проблем, целей и задач. Этому есть немало причин, устранению которых будут способствовать создание эргономической службы и реализация общесоюзной программы по эргономике.

Развертывание мероприятий по созданию эргономической службы вместе с грандиозными планами социального и экономического развития советского общества на ближайшую пятилетку и на период до 2000 г. знаменуют собой начало нового этапа в развитии эргономики.

Перспективы развития имеются по всем направлениям: в теории и методологии, в методическом инструментарии и нормативно-справочной базе, в практических разработках, в организационных вопросах и в подготовке кадров по эргономике. Можно с уверенностью считать, что первостепенное, «ключевое» значение в развитии эргономики по большинству направлений будет иметь интеграция научных знаний, предметных областей, конкретных задач и методов, уже сложившихся в тех науках, которые образуют эргономику.

Определенные преимущества в такой интеграции принадлежат инженерной психологии: она уже обладает опытом интеграции, ее предмет — взаимодействие человека и техники — образует «ядро» предмета эргономики, инженерно-психологические методы по сути своей эргономичны и предназначены для решения инженерных задач психологическими средствами, в инженерной психологии достигнут немалый опыт прикладных разработок, дающих социальный и экономический эффект. Не случайно содержание многих работ по инженерной психологии и по эргономике в сущности совпадает. Отсюда, конечно, не следует, что эргономика и инженерная психология — одно и то же. Инженерная психология есть лишь одна из частей эргономики, но, пожалуй, «системообразующая» часть.

К сожалению, в организационном плане эргономических исследований и разработок «системообразующими» оказывают-

ся техническая и технологическая части или стороны эргономики: традиционная организация проектно-конструкторских работ и опытно-конструкторских разработок рассчитана на создание технических систем и изделий, а не на создание трудовой деятельности в целом. Внедрение эргономической службы в этом, организационном, отношении открывает новые возможности.

Это прежде всего возможность создания в каждой отрасли системы эргономических методик, ориентированной на конкретно-отраслевую продукцию и условия труда, а также возможность накопления нормативно-отраслевых данных и решений, отраслевого опыта эргономических исследований и разработок. Учитывая значительную отраслевую специфику труда, нужно иметь в виду и возможность специальной подготовки эргономистов для отраслей не только в университетах и политехнических институтах, но и в отраслевых вузах. Отраслевую специфику проще учитывать при автоматизации эргономического проектирования.

Создание и внедрение систем автоматизированного проектирования влечет за собой автоматизацию и в эргономике. Уже накапливается опыт автоматизации инженерно-психологических и некоторых эргономических исследований и разработок. Создаются банки эргономических данных, рассчитанные на использование ЭВМ или доступные для этого. На повестке дня стоит вопрос о создании банков эргономических знаний. Такие банки при интенсификации научно-технического прогресса явятся новым орудием труда эргономистов и других пользователей, необходимым средством подготовки эргономистов и внедрения эргономической культуры в широкие круги инженерно-технических работников.

Решение актуальных задач, развитие эргономики невозможно без подготовки достаточного количества специалистов в области эргономики и без повышения эргономической культуры специалистов других профилей до уровня, который требуется для сотрудничества с эргономистами, для учета эргономических нормативов и внедрения эргономических предложений в свою работу и продукцию.

В этой связи актуальны разработки моделей специалистов по эргономике, а также моделей «эргономического минимума» для специалистов технических профилей и технологических специальностей.

Есть основания думать, что наряду с «широкопрофильными» эргономистами университетской или политехнической подготовки, нацеленными на решение теоретических, методологических и общеметодических задач, нужны эргономисты «узкопрофильные», специализированные на практических решениях прикладных задач в масштабе предприятия, отрасли, региона. В моделях «эргономического минимума» для инженеров должны, по-видимому, сочетаться в определенной (отрасль, буду-

щим местом работы, другими факторами) пропорции как методологические и теоретические, так и методические и практические знания.

В заключение нужно сказать, что по понятным причинам сейчас просматриваются далеко не все перспективы и направления развития эргономики. Они будут уточняться, а новые будут открываться по мере развития эргономики. И в этом главная роль будет принадлежать тем, кто сейчас изучает эргономику.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Тт. 23; 42; 46, ч. II; 49.
2. Ленин В. И. Полн. собр. соч. Тт. 36; 39.
3. КПСС в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК. М., 1983. Т. 2.
4. Материалы XXVII съезда КПСС. М., 1986.
5. Влияние психофизиологического состояния водителя на безопасность движения. Таллин, 1980.
6. Вудсон У., Конновер Д. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов. М., 1968.
7. Галактионов А. И. Основы инженерно-психологического проектирования АСУ ТП. М., 1978.
8. Губинский А. И. Обеспечение эргономического качества АСУ. Л., 1983.
9. Зинченко В. П., Мунипов В. М. Основы эргономики. М., 1979.
10. Котик М. А. Психология и безопасность. Таллин, 1981.
11. Крылов А. А. Человек в автоматизированных системах управления. Л., 1972.
12. Крылов А. А., Сочивко В. П. Человек — производство — управление: Психологический словарь-справочник руководителя. Л., 1982.
13. Кулагин Б. В. Основы профессиональной психодиагностики. Л., 1984.
14. Леонова А. Б. Психодиагностика функциональных состояний человека. М., 1984.
15. Ломов Б. Ф. Человек и техника. М., 1966.
16. Мельников В. М., Ямпольский Л. Т. Введение в экспериментальную психологию личности. М., 1985.
17. Методология исследований по инженерной психологии и психологии труда. Л., 1974. Ч. I.
18. Методология исследований по инженерной психологии и психологии труда. Л., 1975. Ч. II.
19. Мунипов В. М., Даниляк В. И., Оше В. К. Социально-экономическая значимость внедрения эргономических требований/Стандартизация, качество продукции и эргономика. М., 1982.
20. Мясцев В. М. Принципы организации научного изучения труда: Эргонология и эрготехника//История советской психологии труда. М., 1983.
21. Практикум по инженерной психологии и психологии труда. Л., 1983.
22. Руководство по эргономическому обеспечению разработки техники. М., 1979.
23. Смирнов Б. А., Душков Б. А., Космолинский Ф. П. Инженерная психология: Экономические проблемы. М., 1983.
24. Справочник по инженерной психологии/Под общ. ред. Б. Ф. Ломова. М., 1982.
25. Суходольский Г. В. Структурно-алгоритмический анализ и синтез деятельности. Л., 1976.
26. Шмид М. Эргономические параметры. М., 1980.
27. Эргономика: Принципы и рекомендации. Методическое руководство. М., 1983.

ПРИЛОЖЕНИЕ. ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

ГОСТ 26387—84.	Система «человек—машина». Термины и определения.
ГОСТ 21480—76.	СЧМ. Мнемосхемы. Общие эргономические требования.
ГОСТ 21752—76.	СЧМ. Маховики управления и штурвалы. Общие эргономические требования.
ГОСТ 21753—76.	СЧМ. Рычаги управления. Общие эргономические требования.
ГОСТ 21786—76.	СЧМ. Сигнализаторы звуковые неречевых сообщений. Общие эргономические требования.
ГОСТ 21829—76.	СЧМ. Кодирование зрительной информации. Общие эргономические требования.
ГОСТ 21837—76.	СЧМ. Табло коллективного пользования из цифровых знаков синтезирующих электролюминесцентных индикаторов. Общие эргономические требования.
ГОСТ 21889—76.	СЧМ. Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования.
ГОСТ 21958—76.	СЧМ. Зал и кабины операторов. Взаимное расположение рабочих мест. Общие эргономические требования.
ГОСТ 22269—76.	СЧМ. Рабочее место человека-оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
ГОСТ 22613—77.	СЧМ. Выключатели и переключатели поворотные. Общие эргономические требования.
ГОСТ 22614—77.	СЧМ. Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные. Общие эргономические требования.
ГОСТ 22615—77.	СЧМ. Выключатели и переключатели типа «тумблер». Общие эргономические требования.
ГОСТ 22902—78.	СЧМ. Отсчетные устройства индикаторов визуальных. Общие эргономические требования.
ГОСТ 23000—78.	СЧМ. Пульты управления. Общие эргономические требования.
ГОСТ 23554.0—79.	Система управления качеством продукции. Экспертные методы оценки качества промышленной продукции. Основные положения.
ГОСТ 23554.1—79.	СУКП. Экспертные методы оценки качества промышленной продукции. Обработка значений экспертной оценки качества продукции.
ГОСТ 23554.2—81.	СУКП. Экспертные методы оценки качества промышленной продукции. Обработка значений экспертных оценок качества продукции.
ГОСТ 2.001—70.	Единая система конструкторской документации. Общие положения.
ГОСТ 2.103—68 (СТ СЭВ 208—75).	ЕСКД. Стадии разработки.
ГОСТ 2.105—79 (СТ СЭВ 2667—80).	ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
ГОСТ 2.118—73.	ЕСКД. Техническое предложение.
ГОСТ 2.119—73.	ЕСКД. Эскизный проект.
ГОСТ 2.120—73.	ЕСКД. Технический проект.
ГОСТ 12.0.001—82 (СТ СЭВ 829—77).	Система стандартов безопасности труда. Основные положения.
ГОСТ 12.0.002—80.	ССБТ. Термины и определения.
ГОСТ 12.0.003—74 (СТ СЭВ 790—77).	ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
ГОСТ 12.1.001—83.	ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности.
ГОСТ 12.1.003—83.	ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
ГОСТ 12.1.004—76.	ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

- ГОСТ 12.1.005—76. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.
- ГОСТ 12.1.006—84. ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
- ГОСТ 12.1.007—76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
- ГОСТ 12.1.008—76. ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования.
- ГОСТ 12.1.012—78. ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности.
(СТ СЭВ 1932—79,
СТ СЭВ 2602—80).
- ГОСТ 12.2.032—78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
- ГОСТ 12.2.033—78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
- ГОСТ 12.4.021—75. ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования.
- ГОСТ 12.4.026—76. ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности.
- ГОСТ 12.4.094—80. ССБТ. Вибрация. Динамические характеристики тела человека при воздействии вибрации. Методы определения.
- ГОСТ 15.001—73. Разработка и постановка продукции на производство. Основные положения.
- ГОСТ 20.39.108—85. Комплексная система общих технических требований. Требования по эргономике, обитаемости и технической эстетике. Номенклатура и порядок выбора.
- ГОСТ 26.001—80. Единая система стандартов приборостроения. Основные положения.
- ГОСТ 26.020—80. ЕССП. Шрифты для средств измерения и автоматизации. Начертание и основные размеры.
- ГОСТ 29.05.002—82. Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения. Индикаторы цифровые знакосинтезирующие. Общие эргономические требования.
- ГОСТ 29.05.006—85. ССЭТО. Трубки электронно-лучевые приемные. Общие эргономические требования.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Аварийность** 127
 — на транспорте 131—137
Адаптация взаимная человека и техники 48, 68, 71, 73
Альфа-ритм 75
Антропометрические показатели 117, 118, 139
Атмосферное давление на рабочем месте оператора 103—105
- Безопасность труда** 11, 129
 — — психологические факторы 131
 — электроприборов 138, 139
- Вибрация** 110—112
- Газовый состав воздуха** на рабочем месте оператора 100—102, 105—106
Гипоксия 102
Группа операторов 25
- Декомпрессия** 104, 105
Деятельность 24
 — структурно-алгоритмические модели 19, 41—43
 — трудовая 24, 25, 33, 38, 39
 — — безопасность 129, 130
 — человека-оператора 20
 — этапы 23
Дорожно-транспортное происшествие 132
 — — виды 132
 — — причины 135
 — — расследование 133, 134
- Задачи эргономики** 14—22
Звуковые колебания 112, 113
- Информационная модель** 25, 156
- Калориметрия** 96
Кожно-гальваническая реакция 79—81
- Механические колебания** на рабочем месте оператора 110, 112
Моделирование 26
 — деятельности 19, 43
 — методы 26, 27
Монотония 41, 49, 60
Мотивы 45, 50—56, 60
- Надежность** 11, 150, 157
Напряженность 41, 59
Научная организация труда 37
- Обитаемость** 71
Обслуживаемость 73
Органы управления 117—119, 154
Освояемость 71
Ошибки оператора 29, 32, 140
- Практические состояния** 36, 59, 60—63, 74
 — — отрицательные 47, 57, 62
 — — психологические методы исследования 88—91
 — — психофизиологические методы исследования 85—88
 — — физиологические методы исследования 74—85
- Проектирование** 47, 48
 — деятельности человека-оператора 14
 — рабочих мест 93, 97
 — эргономическое 15, 16, 149, 151, 169, 171
Профессиональная консультация 49, 68
 — ориентация 68

Профессиональный отбор 49, 69

Психология труда 37

Работоспособность 11

Распределение функций 13, 43, 46, 47, 71, 155, 156

Риск 140

— диагностика склонности 144—146

— психологические исследования 141—146

— субъективная оценка 141—143

— формы 140, 141

Свет видимый 113

— инфракрасный и ультрафиолетовый 114, 115

Система 27

— стандартов безопасности труда 152, 176, 177

— конструкторской документации 153, 154, 176

— приборостроения 153, 177

— системы «человек — машина» 152, 176

— эргономических требований и эргономического обеспечения 152, 153, 177

— трудовой деятельности 33

— «человек — техника — среда» (СЧТС) 6—16, 18—22, 25—32, 45—50, 56—67, 69—73, 117—118, 121—122, 125—126, 149—151, 155—158

Социология труда 37

Среда на рабочем месте оператора 30

Средства отображения информации 117, 120, 154, 156

Стандартизация инженерно-психологических норм 20, 22, 152, 153

— организации работ 155—157

— понятий 20, 152

Температура среды на рабочем месте оператора 94—100

Травматизм 78, 127

— в быту 137—139

— методы изучения 128

— на производстве 128—131

Тревожность 61

Труд 33—45, 172

— внешний и внутренний 38

— как процесс 41

— компоненты 36, 37

— мотивы и побуждения 50—56

— опасность 36

— предмет 39, 40, 155

— результат 58, 63

— средства 39—41, 47

— субъект 43—45

— формы 34

Удовлетворенность трудом 63, 66, 67

— — объективная 66

— — субъективная 66, 67

Управляемость 71

Ускорение как фактор внешней среды 107—110

Условия деятельности 29

— экстремальные 92, 93

Утомление 58, 59

Факторы воздушной среды на рабочем месте оператора 100—107

Физиология труда 37

Цель 24, 27

— осознанность 58

— труда 45, 50, 51

— эргономики 10—14, 31, 170, 173

Человек-оператор 25

Экономическая оценка СЧТС 160, 166—169

Электрокардиография 81

Электрэнцефалография 74—79

Эргономика 6

— задачи 14—22, 93

— методы 26—28

— предмет 22—26, 172

— состав 28—31

— структура 28, 31, 32

— цели 10, 14, 31

Эргономическая оценка 22, 28, 117, 121

— бытовых электроприборов 139

— экспертная 122—126

— экспертиза 157, 158

— акт 157, 158

— цель 157

Эргономические исследования 139, 150, 169

— — социальные цели 159

— — экспериментальные 151

— — — лабораторные 151

— — — натурные 151

— — — полунатурные 151

Эргономическое качество 28, 117

— — оборудования 117

— — показатели групповые 29—31, 32

— — — комплексные 28, 29

— — — частные 117—121, 139

— — — антропометрические 117, 118

— — — — биомеханические 118, 119

— — — — психологические 120, 121

— — — — психофизиологические 119, 120

Эффективность СЧТС 10, 11, 19, 159

— труда 11, 42, 48, 49

— эргономических исследований и разработок 159—169

— — — — социальная 159

— — — — экономическая 159, 163—168

Яркость 113

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение (А. И. Юрьев)	3
Глава 1. Теоретические и методологические основы эргономики (А. И. Юрьев)	6
1.1. Определение и научно-технические предпосылки возникновения эргономики	—
1.2. Основные цели и задачи, предмет и методы эргономики	10
1.3. Состав и структура эргономики	28
Глава 2. Трудовая деятельность и практические состояния человека	33
2.1. Трудовая деятельность как система (Г. В. Суходольский)	—
2.2. Эргономическое описание трудовой деятельности (Г. В. Суходольский)	36
2.3. Психологические проблемы обеспечения труда человека в СЧТС (А. И. Юрьев)	45
Глава 3. Методы исследования практических состояний человека (В. Д. Балин)	74
3.1. Физиологические методы	—
3.2. Психофизиологические методы	85
3.3. Психологические методы	88
Глава 4. Экстремальные условия деятельности (А. А. Крылов)	92
4.1. Современные представления	—
4.2. Механизм действия температурного фактора окружающей среды и его эргономическая характеристика	94
4.3. Особенности экстремальных условий в связи с изменениями газового состава и давления воздуха	100
4.4. Влияние ускорения на состояние и деятельность человека	107
4.5. Экстремальные условия, связанные с действием звука, света и других факторов	112
Глава 5. Эргономические показатели и эргономическая оценка качества оборудования (Ю. Т. Ковалев, Г. В. Суходольский)	117
5.1. Классификация и номенклатура показателей	—
5.2. Оценка качества оборудования	121
Глава 6. Эргономика и охрана труда	127
6.1. Методы изучения травматизма и аварийности на производстве и мероприятия по их снижению (Л. М. Соловова)	—
6.2. Комплекс мер по снижению аварийности на транспорте (Л. М. Соловова)	131
6.3. Обеспечение безопасности бытовой техники и аппаратуры (Л. М. Соловова)	137
6.4. Риск в трудовой деятельности человека (С. А. Маничев)	140
	181

Глава 7. Организация учета эргономических требований при проектировании системы «человек — техника — среда»	149
7.1. Эргономические исследования как основа проектирования (Ю. Т. Ковалев)	150
7.2. Нормативно-техническая документация по эргономике (Ю. Т. Ковалев)	151
7.3. Участие эргономистов в стадиях проектирования (Ю. Т. Ковалев)	155
7.4. Социальная и экономическая эффективность эргономических исследований и разработок (Л. М. Соловова, П. И. Падерно)	159
Заключение (Г. В. Суходольский)	170
Рекомендуемая литература	175
Приложение. Перечень нормативно-технических документов (Ю. Т. Ковалев)	176
Предметный указатель	178

Учебное издание

ЭРГОНОМИКА

Учебник

Редактор *В. М. Николаева*

Обложка художника *А. Г. Угнич*

Художественный редактор *С. В. Алексеев*

Технический редактор *А. В. Борщева*

Корректоры *С. С. Алмашетова, А. С. Качинская*

ИБ № 2738

Сдано в набор 08.12.87. Подписано в печать
26.09.88. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага тип. № 2.
Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 11,5. Усл. кр.-отт. 11,75. Уч.-изд.
л. 12,13. Тираж 16072 экз. Заказ № 347.

Цена 40 коп.

Издательство ЛГУ 199034, Ленинград,
Университетская наб. 7/9.

Сортавальская книжная типография Го-
сударственного комитета Карельской АССР
по делам издательств, полиграфии и книжной
торговли. 186750, Сортавала, ул. Карельская,
42.

40 коп.

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛЕНИНГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

