

А.А. Крылов, Г.В. Суходольский

Эргономика

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 159.9
ББК 88
А11

A11 **А.А. Крылов**
Эргономика / А.А. Крылов, Г.В. Суходольский – М.: Книга по Требованию, 2012. – 182 с.

ISBN 978-5-458-36426-3

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 (устомление, напряженность и т. д.). Для студентов психологических факультетов вузов. Может быть интересен специалистам в области эргономики и инженерной психологии, конструкторам, работникам служб НОТ.

ISBN 978-5-458-36426-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2012

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2012

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

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 ней, 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, являются 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 ($\mathcal{E}$) может быть представлена в виде отношения

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

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 безошибочно 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 эргономическими 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 неисправность 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 ее теоретические задачи.

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-