

С.Ф. Сергеев

**ИНЖЕНЕРНАЯ
ПСИХОЛОГИЯ И
ЭРГОНОМИКА**

**У ч е б н о е
п о с о б и е**

**Москва
НИИ школьных технологий
2008**

ББК 88.4

С 32

Рецензенты: С.А. Маничев, кандидат психологических наук, доцент, (Санкт-Петербургский государственный университет); П.И. Падерно, профессор, лауреат премии Правительства РФ в области образования, Заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, (Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»); А.М. Кушнир, кандидат психологических наук.

С 32 **Сергеев С.Ф.** Инженерная психология и эргономика: Учебное пособие. М.: НИИ школьных технологий, 2008. 176 с.

ISBN 978-5-91447-010-1

Пособие соответствует государственному образовательному стандарту дисциплины «Психология труда и инженерная психология» по направлению 521000 «Психология».

Раскрываются история возникновения и развития, основные понятия эргономики и инженерной психологии, способы создания эффективных человеко-машинных систем в рамках классической методологии инженерно-психологического и эргономического проектирования, вопросы учёта особенностей информационных процессов при включении человека в технические системы. Рассматриваются методы проектирования систем интерфейса, направления развития научных и прикладных приложений инженерной психологии и эргономики.

Рекомендуется для студентов гуманитарных факультетов университетов, сотрудников эргономических подразделений эксплуатационных и проектных организаций.

ББК 88.4

ISBN 978-5-91447-010-1

© **Сергеев С.Ф.**, 2008

© **НИИ школьных технологий**, 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
Глава 1. Определение понятий «инженерная психология» и «эргономика»	7
1.1. История возникновения и развития дисциплин по учёту человеческого фактора	7
1.2. Основные определения и место инженерной психологии и эргономики в системе научного знания	12
Контрольные вопросы по главе	17
Темы для групповой дискуссии	18
Литература	18
Глава 2. Предмет, задачи и методы инженерной психологии и эргономики	19
2.1. Предмет инженерной психологии и эргономики	19
2.2. Основные задачи инженерной психологии и эргономики	20
2.3. Методы исследований в инженерной психологии и эргономике	23
Контрольные вопросы по главе	25
Темы для групповой дискуссии	25
Литература	26
Глава 3. Основные понятия инженерной психологии и эргономики	27
3.1. Система «человек — машина», информационная модель, концептуальная модель	27
3.2. Распределение функций между человеком и машиной. Типы систем «человек — машина»	30
3.3. Концепции деятельности человека в человеко-машинных системах	33
3.4. Принципы эргономического обеспечения разработки человеко-машинных систем	36
Контрольные вопросы по главе	37
Темы для групповой дискуссии	38
Литература	38

Глава 4. Психофизиологический базис операторской деятельности	39
4.1. Приём и первичная обработка информации оператором	41
4.1.1. Характеристики зрительного анализатора	45
4.1.2. Характеристики слухового анализатора	49
4.1.3. Другие анализаторы и взаимодействие анализаторных систем	52
4.2. Хранение и переработка информации человеком, принятие решений и познавательные процессы	53
4.3. Речевые коммуникации в операторской деятельности	61
4.4. Механизмы регуляции деятельности человека	63
4.4.1. Внимание	63
4.4.2. Личность и личностная регуляция	64
4.4.3. Механизмы суггестивно-волевой регуляции	69
4.4.4. Эмоции в регуляции деятельности. Функциональные состояния	71
Контрольные вопросы по главе	74
Темы для групповой дискуссии	77
Литература	77
Глава 5. Человек как исполнительная система. Психомоторные качества человека	79
5.1. Антропометрические характеристики	79
5.2. Биомеханические характеристики	80
5.3. Рабочие движения оператора. Сенсомоторная регуляция	80
Контрольные вопросы по главе	83
Темы для групповой дискуссии	84
Литература	84
Глава 6. Деятельность человека — оператора	85
6.1. Психологический анализ деятельности	86
6.2. Понятия «рабочее место» и «рабочее пространство»	88
6.3. Факторы, влияющие на операторскую деятельность	90
6.4. Ошибки операторов	91
6.5. Виды операторской деятельности	94
Контрольные вопросы по главе	95
Темы для групповой дискуссии	96
Литература	96
Глава 7. Инженерно-психологическое и эргономическое проектирование интерфейса «человек — машина» и рабочей среды	97
7.1. Системный подход, особенности его применения при проектировании информационных моделей и сред	98
7.2. Проектирование средств отображения информации	100

7.3. Проектирование органов управления	104
7.4. Организация рабочего места оператора	105
7.5. Проектирование пользовательских интерфейсов	106
7.6. Системы виртуальной реальности	109
7.7. Виртуальные интерфейсы	111
7.8. Юзабилити	115
Контрольные вопросы по главе	120
Темы для групповой дискуссии	121
Литература	121
Глава 8. Система эргономического обеспечения разработки и эксплуатации эрготехнических сред	123
8.1. Особенности системы эргономического обеспечения разработки и эксплуатации систем «человек — машина».	124
8.2. Этапы и последовательность эргономического обеспечения	124
8.3. Эргономические стандарты	126
8.4. Эргономическая экспертиза	128
Контрольные вопросы по главе	129
Темы для групповой дискуссии	129
Литература	130
Глава 9. Эффективность системы «человек — машина», пути её повышения	131
9.1. Надёжность оператора и системы «человек — машина». Ресурсный подход	132
9.2. Профессиональный отбор и обучение операторов	133
9.3. Групповая деятельность операторов	139
9.4. Психологические аспекты эксплуатации человеко-машинных систем	140
Контрольные вопросы по главе	141
Темы для групповой дискуссии	142
Литература	142
Заключение	143
Список сайтов по инженерной психологии и эргономике	144
Библиография	146
Приложение 1. ГОСТ 2.103-68 Межгосударственный стандарт. Единая система конструкторской документации стадии разработки	153
Приложение 2. ГОСТ Р ЕН 614-1-2003 Национальный стандарт РФ. Безопасность оборудования. Эргономические принципы конструирования	157

Введение

Мы живём в мире, насыщенном сложными техническими устройствами и системами, которые давно стали привычными элементами нашего быта и интерьера. Это бытовые приборы — холодильники, стиральные машины, телевизоры; оргтехника и мультимедийное окружение — компьютеры, принтеры, лазерные проекторы и многое другое. Люди активно внедряются во все сферы отношений с природой, увеличивая свои возможности с помощью науки, техники и технологии. Транспортные, энергетические, производственные, социальные системы представляют собой широкий спектр систем, включающих человека посредством техники. Автомобили, самолёты, корабли, подводные лодки, орбитальные станции, электростанции, объекты вооружения — всё это создают большие коллективы разработчиков.

Профессия инженера-проектировщика связана с созданием рабочей среды человека, в которую включены разнообразные технические средства и системы. Всё так или иначе конструируется для человека и для использования человеком. Постоянное усложнение техники, необходимость объединения человека и машины в единую систему нетривиальным образом не позволяют пользоваться лишь соображениями здравого смысла: кроме инженерных знаний и умений необходимо опираться на эргономику и инженерную психологию — дисциплины научно-практического комплекса, учитывающего особенности проектирования техногенной среды, включающей человека. Эти сравнительно недавно появившиеся отрасли психологического и инженерного знания переживают в настоящее время интенсивное развитие и рост.

1.1. История возникновения и развития дисциплин по учёту человеческого фактора

Историко-содержательный анализ появления и развития междисциплинарного поля инженерной психологии и эргономики следует начать с рассмотрения зарубежного и в первую очередь американского опыта. Именно здесь зародились и получили развитие дисциплины, послужившие аналогами отечественным реализациям инженерной психологии и эргономики. Это прежде всего появившиеся в США в начале XX века направления протехники (Industrial engineering) и возникшие в послевоенное время комплексы человекотехнических дисциплин (Human Factors, Human engineering, Engineering psychology). Они гибко реагировали на эволюцию техники и технологий, возникавшую под влиянием научно-технического прогресса, изменяя в контексте решения конкретных производственных задач поле своей деятельности.

Наиболее значительные работы по инженерной психологии появились в США и Англии в 40-х годах прошлого столетия и связаны с совершенствованием объектов военной техники и, в частности, систем боевой авиации и управляемого вооружения. Среди авторов того периода отметим известных психологов — специалистов в области человеческого фактора: А. Чапаниса

(A. Chapanis), К. Моргана (C. Morgan), Р. Слейта (R. Slight), П. Фитса (P. Fitts), Дж.А. Миллера (G.A. Miller), Е. Мак-Кормика (E. Mc.Cormic).

Первое эргономическое общество за рубежом было создано в Англии в 1949 г., а в 1961 г. Международная эргономическая ассоциация объединяла в своих рядах учёных более 30 капиталистических развитых стран.

Предтечей эргономики и инженерной психологии в Советском Союзе стала психотехника — научное движение, занимающееся внедрением психологических знаний в практику (термин предложен В. Штерном в 1903 г., основатель направления Г. Мюнстерберг). Наиболее видные представители психотехники в 20–30 годы в Советском Союзе: А.К. Гастев, И.Н. Шпильрейн, А.И. Розенблюм, С.Г. Гелерштейн, Н.А. Эпле, К.К. Платонов, Б.М. Теплов осуществили во многом успешные попытки использования данных психологии в различных сферах человеческой практики.

Так, например, А.А. Толчинский проводил психологические тренировки работников технического контроля на заводе «Красный треугольник» по производству галош. Тренировки вели с использованием данных психофизиологии. Проводился анализ деятельности, выявлялись существенные качества, необходимые для её выполнения.

Ю.И. Шпигель, Л.И. Селецкая и В.В. Чебышева исследовали вопросы совершенствования функций различения свойств стали сталеварами. Они предложили методику тренировки функций цветоразличения, повысившую качество визуального определения состава стали. Были составлены специальные таблицы.

Н.А. Бернштейн изучал в те годы рабочее место вагоновожатого поезда метро, а Н.А. Эпле — авиационные индикаторы на приборной доске лётчика. А.К. Гастева волновала идея гармонизации человека и машины.

Психотехника, как и генетика и кибернетика, стала жертвой сталинской эпохи. В 1936 г. постановлением ЦК ВКП(б) от 4 июля 1936 г. «О педологических извращениях в системе Наркомпросов» были закрыты все лаборатории по промышленной психотехнике и психофизиологии труда как чуждые Советской власти.

Наиболее видные представители психотехники были репрессированы и попали в лагерь Гулага.

Одной из причин возникшего положения стали низкая эффективность и декларативность психотехники как науки. Технически и технологически отсталая страна того времени не требовала психологических методов повышения эффективности экономики. Вследствие этого многие темы имели надуманный, искусственный характер. Так, в одном исследовании утверждалось, что горизонтальное положение — самое удобное для питания мозга. Как рекомендация для работников умственного труда было предложено устраивать лежачие рабочие места. По понятным причинам эксперимент не удался: большинство участников довольно быстро засыпали. Пришлось рекомендацию отменить. В то же время физика отстаивала своё право на жизнь, так как правящей советской элите нужно было ядерное оружие, и она его получила.

Новый интерес к практической психологии в Советском Союзе возник уже в послевоенное время в связи с запросами оборонной отрасли. Отечественная инженерная психология начала развиваться в конце 50-х годов, когда в Москве, в секретном в то время НИИ автоматической аппаратуры, под руководством Д.Ю. Панова появилась первая лаборатория по учёту «человеческого фактора». Первая «открытая» лаборатория инженерной психологии (вначале носившая название лаборатории индустриальной психологии) в нашей стране была организована в Ленинградском университете в 1959 г. Б.Ф. Ломовым.

Первое обсуждение инженерно-психологических вопросов состоялось на конференции по психологии труда в 1957 г. в Институте психологии АПН РСФСР.

Несколько докладов было прочитано на первом Всесоюзном съезде психологов.

На втором съезде, состоявшемся в 1963 г. в Ленинграде, уже работали самостоятельная секция по инженерной психологии и симпозиум по проблемам приёма и переработки информации человека. В 1963 г. в Москве состоялась конференция по проблеме «Человек и автомат». В 1966 г. в МГУ и ЛГУ одновременно созданы кафедры психологии труда и инженерной психологии.

Ключевую роль в развитии научного направления инженерной психологии в СССР сыграл Борис Фёдорович Ломов, выпускник Ленинградского государственного университета, в дальнейшем один из организаторов и бессменный директор Института психологии АН СССР.

О Б.Ф. Ломове нужно сказать особо и отдать дань этой неординарной личности. При его непосредственном участии были проведены в 1964 г. — Первая Ленинградская конференция по инженерной психологии; в 1965 г. — Конференция по инженерной психологии в приборостроении. В 1963 г. вышла книга Б.Ф. Ломова «Человек и техника», имевшая успех и переизданная в 1966 г. Это самая известная работа по инженерной психологии в советское время.

Не менее известная фигура в науках о человеческом факторе — Владимир Петрович Зинченко, который возглавил Московскую эргономическую школу, эргономическое направление прикладной психологии.

Эргономика в Советском Союзе развивалась параллельно с инженерной психологией. Пика популярности она достигла позже, в начале 70-х годов, хотя в концептуальном плане эта дисциплина оформилась в начале 20-х годов XX века, трудами В.М. Бехтерева, который называл её *эргонологией*, и В.Н. Мясищева — автора *эргологии*. Сам термин «эргономика» был изобретён Войтехом Ястшембовским в 1857 г.: термин подразумевал науку о труде, основанную на законах природы.

Основной центр деятельности представителей эргономического направления располагался в Москве во ВНИИТЭ (Всесоюзном научно-исследовательском институте технической эстетики), находившемся на территории ВДНХ. Заместителем директора по науке ВНИИТЭ был в то время Владимир Михайлович Мунипов, сотрудничество которого с В.П. Зинченко во многом определило направления развития отечественной эргономики в советское время. Отдел эргономики ВНИИТЭ начал свою работу в 1962 г.

В 1964 г. изданы сборник переводов — «Инженерная психология» под редакцией В.П. Зинченко и Д.Ю. Панова и с аналогичным названием — сборник советских авторов. Под редакцией

В.П. Зинченко и В.М. Мунипова в 1991 г. вышел перевод на русский язык шеститомного руководства «Человеческий фактор».

Третий центр инженерной психологии и эргономики в России связан с работами оборонной тематики. Его возглавил Пётр (Пинхус) Яковлевич Шлаен, сотрудник НИИ-2 в г. Твери. В 1970 г. в г. Калинин (г. Тверь) проходила III Всесоюзная конференция по инженерной психологии, на которой были представлены доклады по вопросам инженерно-психологического и эргономического обеспечения проектирования сложных технических систем. Сегодня работы этого эргономического направления проводятся в рамках Межотраслевого центра эргономических исследований и разработок «Эргоцентр».

Четвёртый центр инженерной психологии и эргономики зародился в г. Туле, в 70-х годах прошлого века в ЦКБ аппаратостроения, проводившем работы по созданию тренажёров для советской армии. Его видный представитель — Коротеев Геннадий Леонидович. Здесь получили развитие инженерно-психологические исследования по профотбору и профессиональному обучению по массовым операторским специальностям с использованием технических средств. Исследования по инженерно-психологической тематике осуществлялись практически во всех сферах оборонной промышленности.

Инженерная психология во многом повлияла на специфику развития факультета психологии Ленинградского университета, которая состояла в выраженной практической направленности — решении задач военно-промышленного комплекса страны. В научно-исследовательских лабораториях кафедры инженерной психологии факультета психологии, созданной в 1966 г., работали известные учёные: Г.С. Никифоров, занимавшийся в то время вопросами надёжности человеческого звена в авиации; Т.П. Зинченко — вопросами зрительного опознания и разработки кодовых алфавитов; А.И. Нафтульев — изучавший проблемы принятия решения; Г.В. Суходольский — вначале задачами сенсомоторного слежения, а затем проблемами психологической теории деятельности. В 1980 г. впервые в СССР в университете был создан специфический факультет по переподготовке кадров по инженерной психологии, выпускники которого работали в различных сферах народного хозяйства.

В начале 80-х годов в СССР был создан мощный научно-практический комплекс инженерной психологии и эргономики, решавший задачи во всех отраслях обороны и промышленности.

Значительный вклад в развитие отечественной послевоенной инженерной психологии и эргономики внесли: В.М. Ахутин, С.А. Багрецов, Г.Т. Береговой, В.А. Бодров, В.Ф. Венда, В.М. Волозеров, А.И. Галактионов, Ю.Я. Голиков, Ф.Д. Горбов, Н.Д. Гордеева, Л.П. Гримак, А.И. Губинский, К.М. Гуревич, В.Г. Денисов, Л.Г. Дикая, М.А. Дмитриева, Б.А. Душков, В.Г. Еврафов, Г.Е. Журавлёв, Ю.М. Забродин, В.Г. Зазыкин, Н.Д. Завалова, Д.Н. Завалишина, Г.М. Зараковский, В.П. Зинченко, Т.П. Зинченко, Е.П. Ильин, Е.А. Климов, Г.Л. Коротеев, М.А. Котик, А.А. Крылов, А.Н. Костин, Б.В. Кулагин, В.М. Львов, Б.Ф. Ломов, С.А. Маничев, В.Л. Марищук, В.И. Медведев, Е.А. Милерян, В.М. Мунипов, А.И. Нафтульев, П.Б. Невельский, В.Д. Небылицин, Г.С. Никифоров, Б.В. Овчинников, Д.А. Ошанин, А.В. Миролюбов, П.И. Падерно, А.М. Парачёв, А.А. Пископель, К.К. Платонов, В.А. Пономаренко, В.Н. Пушкин, В.Ф. Рубахин, Б.А. Смирнов, Г.Л. Смолян, Ю.К. Стрелков, Г.В. Суходольский, М.К. Тутушкина, Л.С. Хачатурьянц, И.Е. Цибулевский, Л.Д. Чайнова, А.А. Фрумкин, А.Г. Чачко, А.П. Чернышев, В.Д. Шадриков, Л.П. Щедровицкий, П.Я. Шлаен.

Сегодня центрами инженерно-психологических и эргономических исследований в России являются Санкт-Петербургский и Московский государственные университеты, институт психологии Российской академии наук, «Эргоцентр» (г. Тверь), Московский авиационный институт, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Государственный университет авиационного приборостроения, Санкт-Петербургская Военно-медицинская академия, Институт авиационной и космической медицины.

1.2. Основные определения и место инженерной психологии и эргономики в системе научного знания и эргономики

Инженерная психология, как и все практические дисциплины, непрерывно меняет свою сферу интересов, подстраиваясь под запросы практики и, вследствие этого, не имеет точ-

ного определения своей рабочей области. Сегодня это научно-практический комплекс, связанный с изучением, проектированием и эксплуатацией технических систем, включающих человека.

Приведём ряд популярных определений, отражающих области исследований и применений инженерной психологии и их эволюцию.

Инженерная психология — наука, изучающая системы «человек — техника» с целью достижения их высокой эффективности и разрабатывающая психологические основы:

- конструирования техники и организации управления технологическим процессом;
- подбора людей, обладающих необходимым уровнем индивидуально-психологических профессионально важных качеств для работы с определённой техникой;
- профессиональной подготовки людей, использующих в своей трудовой деятельности сложные технические устройства.

Инженерная психология изучает психологические закономерности трудовой деятельности человека в системах управления и контроля, его информационное взаимодействие с техническими устройствами этих систем.

Инженерная психология имеет целью разработку психологических основ для проектирования и создания новой техники с учётом «человеческого фактора», т.е. с учётом совокупности тех свойств человека-оператора, которые влияют на эффективность системы «человек — машина».

Инженерная психология изучает и преобразует труд оператора, выполняющего функции управления сложной системой.

Сложная система «человек — машина» характеризуется двумя главными отличительными признаками. Во-первых, в такой системе человек контролирует состояние управляемого объекта и воздействует на него не путём непосредственного контакта с орудием и предметом труда, а через дистанционные передачи. Во-вторых, человек воспринимает информацию об объекте управления и влияющих факторах среды от средств отображения информации и воздействует на управляемый объект с помощью органов управления.

Инженерная психология — отрасль науки, изучающая психологические особенности труда человека при взаимодействии его с техническими средствами в процессе производственной и управленческой деятельности; результаты изысканий используются для оптимизации деятельности людей в системах «человек — машина», а также в эргономике при проектировании новых технических средств и технологий.

Заметим, что, несмотря на схожесть названий отечественной инженерной психологии и американской *Human engineering*, это далеко не тождественные дисциплины. Отечественная инженерная психология в силу исторических причин вобрала в себя более широкий научно-практический контекст и близка по содержанию к методологии тотального проектирования *Human Factors*.

Аналогичное, в основных чертах тождественное, содержание носит зародившееся в Советском Союзе эргономическое направление учёта человеческих факторов. Круг интересов и притязаний эргономики может быть очерчен в определениях, данных представителями данного направления:

Эргономика (от греч. *ergon* — работа и *nomos* — закон) — научно-прикладная дисциплина, занимающаяся изучением и созданием эффективных систем, управляемых человеком.

Эргономика — отрасль науки, изучающая человека (или группу людей) и его (их) деятельность в условиях производства с целью совершенствования орудий, условий и процесса труда. Основным объектом исследования эргономики — системы «человек — машина», в том числе и так называемые эргатические системы; метод исследования — системный подход.

Эргономика — дисциплина, изучающая движение человека в процессе производственной деятельности, затраты его энергии, производительность и интенсивность при конкретных видах работ. Эргономика исследует не только анатомические и физиологические, но также и психические изменения, которым подвергается человек во время работы. Результаты эргономических исследований используются при организации рабочих мест, а также в промышленном дизайне.

Эргономика — отрасль междисциплинарная, черпающая зна-

ния, методы исследования и технологии проектирования из следующих отраслей человеческого знания и практики:

- Инженерная психология;
- Психология труда, теория групповой деятельности, когнитивная психология;
- Конструирование;
- Техническая эстетика;
- Гигиена и охрана труда, научная организация труда;
- Антропология, антропометрия;
- Медицина, анатомия и физиология человека;
- Теория проектирования;
- Теория управления.

Рядом авторов эргономика условно делится на три подобласти:

Микро-эргономика — исследование и проектирование систем «человек — машина». В неё включаются, в том числе, и интерфейсы «человек — компьютер» (компьютер рассматривается как часть машины) — как аппаратные интерфейсы, так и программные. Соответственно, «эргономика программного обеспечения» — это подраздел микроэргономики. Сюда же относятся системы «человек — компьютер — человек», «человек — компьютер — процесс», «человек — программа», «человек — программное обеспечение».

Миди-эргономика — исследование и проектирование систем «человек — рабочая группа, коллектив, экипаж, организация», «коллектив — машина», «человек — сеть, сетевое сообщество», «коллектив — организация».

Здесь и проектирование организаций, и планирование работ, и обитаемость рабочих помещений, и гигиена труда, и проектирование АРМ (автоматизированных рабочих мест) залов с дисплеями общего пользования, проектирование интерфейсов сетевых программных продуктов, и многое другое. Исследуется взаимодействие на уровне рабочих мест и производственных задач.

Макро-эргономика — исследование и проектирование систем «человек — социум, общество, государство», «организация — система организаций».

Столь широкая экспансия эргономики несёт довольно серьёзную опасность для неё, так как одного психологического базиса явно

недостаточно для решения большинства возникающих практических задач.

Наиболее удачное и сбалансированное на настоящий момент определение дисциплины, по мнению П.Я. Шлаена и В.М. Львова, имеет следующий вид:

Эргономика — системная научно-практическая дисциплина, изучающая закономерности формирования человеко-ориентированных свойств систем «человек — машина», оказывающих непосредственное влияние на качество деятельности, функциональное состояние и развитие личности человека, работающего в составе таких систем.

Различия между инженерной психологией и эргономикой часто имеют незначительный, чисто терминологический характер. Эти науки часто нарушают совместные границы. Все они междисциплинальны и используют данные широкого класса наук, связанных с человеком.

В качестве критериев отличия между эргономикой и инженерной психологией считают их ориентацию — или на человека (инженерная психология), или на учёт особенностей человека при проектировании техники (эргономика) (П.Я. Шлаен, В.М. Львов). Считается, что инженерная психология занимается системами — «человек — техника», а эргономика — «человек — техника — среда». Эргономика — более практическая, инженерная, а инженерная психология — психологическая, теоретическая дисциплина. Некоторые авторы включают инженерную психологию в состав эргономики и её родственной дисциплины «Учёт человеческих факторов».

В настоящее время наблюдается рост специализации отдельных направлений, развивающихся в рамках эргономики и инженерной психологии, что приводит к появлению новых дисциплин. Так, например, интенсивно развивается направление, возникшее в процессе решения задач, связанных с проектированием компьютерных интерфейсов, — *юзабилити* (Usability Engineering) — научно-прикладная дисциплина, служащая повышению эффективности, продуктивности и удобства использования инструментов деятельности.

Эргономика и инженерная психология взаимодействуют практически со всеми науками, в той или иной мере связанными с че-

ловеком, осуществляющим трудовую деятельность: антропологией, психологией, педагогикой, физиологией, технической эстетикой, гигиеной и безопасностью труда. Они черпают свои методы из математики, социологии, системотехники, экономики, информатики, биологии и педагогики, технических наук.

Междисциплинарный характер эргономики и инженерной психологии не свидетельствует о стремлении этих наук иметь главенствующее значение в процессе создания технических систем. Они лишь очерчивают круг проблем, решение которых осуществляется силами компетентных отраслей знаний.

Эргономика формулирует свои требования в форме эргономических требований и стандартов, ограничивающих зоны допустимых вариаций условий деятельности человека в среде/социо/технической системе.



Контрольные вопросы по главе

1. Назовите дисциплины, послужившие основой для возникновения инженерной психологии и эргономики.
2. Что такое психотехника?
3. Что такое инженерная психология?
4. Чем отличается инженерная психология от эргономики?
5. Чем отличается отечественная инженерная психология от её зарубежных аналогов?
6. Чем обусловлено появление инженерной психологии как науки?
7. Назовите трёх любых известных Вам авторов — основателей инженерной психологии за рубежом.
8. Где и кем создана первая отечественная лаборатория по эргономике?
9. Кем и когда была создана первая научная лаборатория по инженерной психологии?
10. Работы каких российских авторов стали основой для развития инженерной психологии в нашей стране?
11. Где начались первые академические работы по инженерной психологии?
12. Назовите основные научные центры по инженерной психологии и эргономике, действующие в России.
13. Назовите фамилии пяти российских учёных, внесших, по вашему мнению, наибольший вклад в развитие инженерной психологии и эргономики. Аргументируйте ваш выбор.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЙ «ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ» И «ЭРГОНОМИКА»

14. Что такое юзабилити?
15. Что изучает эргономика?
16. В чём проявляется междисциплинарный характер эргономики?

Темы для групповой дискуссии

1. Причины сходства и различий российского и американского путей развития наук по изучению и учёту человеческого фактора.
2. Что вносят в эргономику точные науки? Гуманитарные науки?

Литература

1. Дмитриева М.А., Крылов А.А., Нафтульев А.И. Психология труда и инженерная психология. Л.: Изд-во ЛГУ, 1979. С.129–137.
2. Шлаен П.Я., Львов В.М. Эргономика для инженеров: Эргономическое обеспечение проектирования человеко-машинных комплексов: проблемы, методология, технологии. Тверь: ТвГУ, 2004.
3. История советской психологии труда. Тексты (20–30-е годы XX века) / Под ред. В.П. Зинченко, В.М. Мунипова, О.Г. Носковой. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983.

2

глава

ПРЕДМЕТ, ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ И ЭРГОНОМИКИ

2.1. Предмет инженерной психологии и эргономики

Предмет инженерной психологии — процессы и структура информационного взаимодействия человека и технических систем, в том числе приёма, переработки, хранения информации, принятия решений и психической регуляции управляющих действий.

Объект инженерной психологии — система «человек — техника».

Как психологическая наука инженерная психология изучает психические процессы и свойства человека, выясняя, какие требования к техническим устройствам вытекают из особенностей человеческой деятельности, т.е. решает задачу приспособления техники и условий труда к человеку.

Как техническая наука инженерная психология изучает технические средства деятельности для оптимизации информационного взаимодействия в системе «человек — машина».

Как практическая дисциплина инженерная психология решает вопросы внедрения психологических знаний в практику проектирования, создания и эксплуатации систем «человек — машина» (СЧМ).

Предмет эргономики — трудовая деятельность человека в процессе взаимодействия с техническими системами при влиянии факторов внешней среды.

Объект изучения эргономики — система «человек — техника — среда».

Эргономика реализует четыре направления деятельности, различающиеся по методическому и методологическому базису:

Научное: проведение комплексных междисциплинарных исследований путей придания человеко-машинным комплексам ориентированных на человека свойств.

Системное: интеграция данных разных наук о человеке и технике с целью исследования и придания системе «человек — машина», ориентированных на человека свойств.

Практическое: участие в формировании ориентированных на человека свойств у вновь создаваемых, модернизируемых и находящихся в эксплуатации конкретных человеко-машинных комплексов путём использования результатов собственных исследований и данных смежных наук.

Методическое: обобщение опыта создания эргатических систем, стандартизация и унификация процессов учёта человеческого фактора.

Главные цели эргономики: повышение эффективности систем «человек — техника — среда» (в разных вариантах — «человеко-машинного комплекса», «эргатической системы» и т.д.), обеспечение безопасного труда, развития личности профессионала в процессе труда.

2.2. Основные задачи инженерной психологии и эргономики

Задачи эргономики как науки:

- Разработка теоретических основ проектирования деятельности человека — оператора с учётом специфики эксплуатируемой техники и рабочей среды.

- Исследование закономерностей взаимодействия человека с техническими системами и окружающей средой.
- Разработка принципов создания систем «человек — техника — среда» и алгоритмов деятельности операторов.
- Перспективное планирование вопросов развития человеко-машинных систем и содержания труда действующих в них операторов.
- Разработка методов и средств, сопровождающих процессы создания и эксплуатации, эффективных эрготехнических сред.
- Обобщение опыта создания и эксплуатации человеко-машинных систем, стандартизация эффективных решений.
- Поиск связей между качеством труда и обеспечивающими его эргономическими параметрами.

Добавим к перечисленным научным направлениям **практические задачи по:**

- проведению комплексной эргономической экспертизы;
- проектированию среды обитания;
- внедрению стандартов в практику проектирования и эксплуатации систем «человек — техника — среда».

В инженерной психологии выделяют **задачи**, формирующие содержание и специфику работ **данного научно-практического направления:**

- Анализ задач человека в СЧМ, изучение структуры и классификации деятельности оператора. Распределение функций между человеком и кибернетической частью системы.
- Изучение процессов преобразования информации оператором: приём информации, переработка информации, принятие решения, осуществление управляющих воздействий.
- Исследование совместной деятельности операторов, процессов общения и обмена информацией.
- Разработка методов построения рабочих мест операторов и систем интерфейса.

- Изучение факторов, влияющих на деятельность оператора. Оценка и формирование оптимальных рабочих функциональных состояний.
- Изучение влияния психологических факторов на эффективность систем «человек — машина».
- Разработка принципов, методов и средств профессиональной подготовки операторов для обеспечения процедур профессионального отбора, обучения, формирования коллективов, тренировки, психологической поддержки и коррекции.
- Инженерно-психологическое сопровождение проектирования и оценка систем «человек — машина». Это обобщающая задача, и при её решении используются результаты, полученные при решении всех предыдущих задач. Отметим, что выделяют два основных прикладных направления инженерной психологии: системотехническое и эксплуатационное.

Системотехническое направление включает в себя:

- комплексное проектирование деятельности оператора и используемых им технических средств;
- создание информационных моделей, реализуемых на различных устройствах отображения и органах управления;
- реализацию алгоритмов и анализ содержания управляющих действий, исключающих ошибки и внештатные ситуации;
- выработку требований к уровню профессиональной пригодности, учитывая необходимость отбора, степень обученности, виды и содержание тренировочных упражнений и средств подготовки;
- определение соответствия содержания деятельности возможностям человека-оператора.

Основные проблемы, решаемые в рамках эксплуатационного направления:

- анализ поведения и работоспособности операторов в различных режимах работы;
- психологическое сопровождение научной организации труда операторов;
- разработка методов и средств контроля психофизиологического состояния операторов;

— вопросы групповой психологии, профессиональной подготовки операторов и т. д.

2.3. Методы исследований в инженерной психологии и эргономике

Инженерная психология и эргономика пользуются широким ассортиментом методов, сложившихся в психологии и областях знаний, связанных с изучением человека: кибернетики, теории информации, физиологии и т.д.

Метод наблюдения заключается в регистрации внешних проявлений деятельности человека в СЧМ, к которым относятся мимика, речь, поза, результаты труда и т.д. Наблюдение дополняется рядом объективных методов регистрации: фото-кино-видеосъёмка рабочей позы, движений, показаний приборов, направления взгляда, запись на магнитофон речи. Производятся замеры физиологических показателей: частоты пульса и дыхания, кровяного давления, электрической активности сердца, мышц, головного мозга, снимаются данные методами ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и т.д.

Наблюдение дополняется **беседами** с операторами и **анкетированием**.

Эксперимент — изучение психологических особенностей деятельности оператора путём изменения условий, целей или способа её выполнения.

Различают **лабораторный** и **естественный** эксперименты.

Лабораторный эксперимент представляет собой одну из разновидностей моделирования и заключается в том, что оператору в лабораторных условиях ставится задача выполнить определённые действия по психологической структуре, близкие его действиям в реальной деятельности. Недостаток метода — невозможность отделить все побочные влияния, искажающие реальные факторы деятельности. Различают **синтетический** и **аналитический** лабораторные эксперименты. При синтетическом эксперименте стараются точно воспроизвести все действующие факторы, а при аналитическом — один или

несколько наиболее существенных факторов. Разновидность аналитического эксперимента — использование **тестов** — стандартизированных процедур по оценке степени выраженности у оператора того или иного психологического качества (группы качеств).

Естественный эксперимент проводится путём анализа и регистрации параметров реальной деятельности испытуемого.

Широко используется сочетание естественного эксперимента с математическими моделями, реализованными на компьютерной технике, с введением пограничных и экстремальных условий деятельности.

Правильно поставленный эксперимент включает стадии:

- постановка задачи;
- планирование эксперимента;
- собственно эксперимент;
- обработка результатов.

Все характеристики деятельности оператора — это случайные величины, изменяющие своё значение от опыта к опыту, вследствие влияния на них огромного числа факторов объективного и субъективного характера. Основные методы обработки результатов — методы математической статистики: корреляционный, регрессионный, факторный анализ, методы планирования эксперимента, многомерное шкалирование, кластерный анализ.

Метод моделирования заключается в том, что исследуются не сами реальные процессы и явления, а модели — искусственно созданные объекты, аналогичные в определённом отношении реальным.

Различают **физические** и **математические** модели. При **физическом моделировании** исследуется деятельность оператора или её фрагменты в лабораторных условиях с помощью специального имитационного оборудования — тренажёров, стендов, макетов и т.п.

При **математическом моделировании** реальная деятельность заменяется её математическим описанием — форму-

лой, уравнением, неравенством и т.п. В необходимых случаях вводятся ограничения, налагаемые системой неравенств. Наиболее часто используется математический аппарат теории информации, массового обслуживания, автоматического управления. Ограничения метода математического моделирования связаны с трудностями формализации операторской деятельности, которая протекает при воздействии множества факторов.

Эргономика использует методы эргономической экспертизы, заключающиеся в циклической оценке степени соответствия разрабатываемого образца системы «человек — машина — техника» эргономическим требованиям, получаемым в процессе эргономического проектирования, исследований, сформулированным в виде стандартов.



Контрольные вопросы по главе

1. Что является предметом и объектом инженерной психологии?
2. Чем отличаются объекты изучения в эргономике и инженерной психологии?
3. Что такое системотехническое направление в инженерной психологии?
4. Что такое эксплуатационное направление в инженерной психологии?
5. Основные практические задачи эргономики?
6. Перечислите методы исследований в инженерной психологии.
7. Что такое аналитический лабораторный эксперимент?
8. Назовите основные стадии эксперимента.
9. Назовите ограничения метода математического моделирования.
10. Приведите примеры физических моделей.
11. Что такое эргономическая экспертиза?



Темы для групповой дискуссии

1. Сходство и различие в задачах, решаемых эргономикой и инженерной психологией.
2. Что должно входить в оснащение лабораторий инженерной психологии и эргономики?

Литература

Эргономика: Учебник / Под ред. А.А. Крылова, Г.В. Суходольского. Л.: Изд-во ЛГУ, 1988.

Дмитриева М.А., Крылов А.А., Нафтульев А.И. Психология труда и инженерная психология. Л.: Изд-во ЛГУ, 1979. С.129–137.

3.1. Система «человек — машина», информационная модель, концептуальная модель

Человеко-машинные комплексы относятся к объектам, свойства которых формируются в результате взаимодействия сложных разнокачественных систем физической и биологической природы. Эргономика использует идеи системного подхода в качестве основной методологической ориентации. Понятия и принципы системного подхода применимы при рассмотрении вопросов эргономического обеспечения. Основные из них — система, элементы, функции. Система в переводе с греческого языка означает *целое, составленное из частей*. Системный подход охватывает группу методов, описывающих объект как совокупность взаимодействующих элементов, реализующих в процессе достижения цели системы определённые функции. Система образует организацию, существующую по принципам:

- иерархичности. Система более низкого порядка встроена в систему более высокого порядка и определяет протекающие в ней процессы;
- целенаправленности. Цель системы определяет деятельность

её создателей при проектировании, является критерием оценки её работоспособности;

- каждый элемент системы подчинён общей целевой функции;
- каждый элемент оказывает влияние на все другие элементы;
- выходные эффекты отдельных элементов системы преобразуются в выходные эффекты системы.

Кроме того, системная организация включает в себя процедуры и процессы измерения, оценки, сравнения, обратной связи, которые устанавливают рабочие характеристики системы. Каждая человек-машинная система описывается в соответствии с данными принципами.

Система «человек — машина» — одно из основных понятий эргономики и инженерной психологии. По ГОСТ 26.387-84 Система «человек — машина» — это «система, включающая в себя человека — оператора СЧМ, машину, посредством которой он осуществляет трудовую деятельность, и среду на рабочем месте». Состоит из двух принципиально разных подсистем: подсистемы, включающей технические звенья («машина»), и подсистемы, которая представлена человеком — оператором СЧМ. Никакая автоматизация не может исключить человека из системы в целом.

С повышением степени автоматизации для сохранения управляемости системы мы всегда будем вынуждены иметь подсистему более высокого уровня, которая будет включать в себя подсистему «человек», а замкнутая система будет иметь свойства системы «человек — машина».

Человек, выполняющий функции управления в системе «человек-машина», называется «оператором». В эргономике под «человеком-оператором» понимается «человек, осуществляющий трудовую деятельность, основу которой составляет взаимодействие с объектом воздействия, машиной и средой на рабочем месте при использовании информационной модели и органов управления». В узком смысле в рамках инженерной психологии под оператором понимают человека, выполняющего деятельность в СЧМ посредством взаимодействия с информационной моделью.

«Информационная модель» реализуется в технических средствах в виде средств отображения информации — индикаторов, дисплеев, сигнализаторов, содержания виртуальной реальности и т.п. и должна обеспечить оператору:

- понимание отображаемой информации;
- выделение сложных отношений в ситуации;
- эффективное информационное взаимодействие человека и технических устройств;
- максимальную надёжность деятельности человека и системы управления;
- возможность легко и свободно менять способы действия, гибкость поведения человека и взаимозаменяемость наблюдателей;
- условия координации действий, если системой управляет не один человек, а коллектив.

Информационная модель — это организованное в соответствии с определённой системой правил отображение состояния предмета труда, технической системы, внешней среды и способов воздействия на них.

По ГОСТ 26.387-84 *Информационная модель — это «условное отображение, информация о состоянии объекта воздействия, системы «человек — машина» и способов управления ими».*

Информационные модели, несущие осведомительную информацию, разделяют на наглядные, абстрактные и смешанные.

Наглядные модели (репродуктивные, пикторальные, картинные или модели — изображения) являются некоторой визуальной копией, подобием отображаемого объекта; в них воспроизводятся те или иные, прежде всего пространственные и модальностные, свойства объекта. Картина, фотография, голограмма, мультипликация, компьютерная графика и видеоизображения — примеры наглядных информационных моделей.

Достоинство этих моделей в том, что процесс их восприятия во многих отношениях протекает так же, как и процесс восприятия реальных объектов, что позволяет человеку использовать опыт, полученный в процессе деятельности с реальными объектами.

Абстрактные модели (символические, условные, знаковые, кодовые) передают оператору информацию об отображаемом объекте при помощи набора знаков. Текст, математические формулы, системы символов — примеры этого класса моделей. Достоинство абстрактных моделей состоит в том, что они позволяют отображать скрытые от непосредственного наблюдения свойства объектов — скорость, напряжение, величину тока, угол крена, ускорение и т.д.

Смешанные модели — сочетание элементов наглядных и абстрактных моделей. При рациональном сочетании объединяются достоинства моделей первых двух типов.

Информационная модель формирует в операторе особую систему отношений, базирующуюся на его опыте, особенностях мышления, представлениях о развитии ситуации, предвидении последствий, называемую **«концептуальной моделью»**. В ней отражаются потребности человека, система взглядов, профессиональные качества, позиция по отношению к решаемой задаче, прогноз будущего состояния системы и способы перевода её в это состояние.

Одна и та же информационная модель в зависимости от состояния оператора порождает в нём различные концептуальные модели.

Основные *обобщённые требования* к информационным моделям (А.А. Крылов):

- информационная модель должна отражать только наиболее существенные взаимосвязи в системе;
- должна строиться на основе использования эффективных кодов;
- должна быть наглядной и учитывать характеристики аналитических систем человека, порядок и сложность операций.

3.2. Распределение функций между человеком и машиной. Типы систем «человек — машина»

Создание эффективной СЧМ заключается в поиске оптимального сочетания возможностей машины и человека.

На человека следует возлагать выполнение функций по:

- распознаванию ситуации в целом по её многим сложно связанным характеристикам, а также при неполной информации о ней;
- осуществлению функций индуктивного вывода, т.е. обобщению отдельных фактов в единую систему;
- решению задач, в которых отсутствует единый алгоритм или нет чётко определённых правил обработки информации;
- решению задач, в которых требуется гибкость и приспособляемость к изменяющимся условиям, особенно задач, появление которых заранее трудно предвидеть;
- решению задач с высокой ответственностью в случае возникновения ошибки.

Машине следует поручать:

- выполнение всех видов математических расчётов;
- выполнение однообразных, постоянно повторяющихся операций, реализуемых по заданному алгоритму;
- хранение и динамическое представление больших объёмов однородной информации;
- решение задач, требующих дедуктивного вывода, т.е. получения на основе общих правил решений для частных случаев;
- выполнение действий, требующих высокой скорости реакции на команду.

Не следует прямо воспринимать методологию распределения функций как проектировочную дисциплину, а приведённые рекомендации как руководство к действию. Это лишь иллюстрация различий, присущих основным элементам человеко-машинной системы. Всё в действительности гораздо сложнее, требует тонкого анализа содержания деятельности оператора и учёта возникающих артефактов. Несмотря на значительный прогресс в создании сложных технических систем, человек во многих случаях незаменим. Особенно это касается его возможностей по работе в условиях неполноты информации и использовании эвристических методов решения проблем. Кроме того, только человек обладает способностью учитывать разнокачественный, в том числе и социальный, опыт для достижения своих целей.

Человечеством создано огромное разнообразие человеко-машинных систем, ориентироваться в котором достаточно трудно.

Для упрощения ориентирования в технологических и целевых нюансах технических систем создаются различные классификационные системы и схемы.

В зависимости от технического назначения человеко-машинных систем различают:

- системы управления движущимися объектами с управлением как с объекта, так и извне;
- системы управления энергетическими установками;
- системы управления технологическими процессами циклического типа;
- системы наблюдения за обстановкой и обнаружения объектов;
- системы диспетчерского типа, управляющие транспортными средствами, распределением энергии и т.п.

Приведённая классификация, несмотря на свою условность и простоту, выполняет задачу по уменьшению многообразия возникающих в практике реальных систем.

Более сложные классификации СЧМ:

А. По степени участия в работе системы человека: 1) автоматические (работающие без человека); 2) автоматизированные (с участием человека); 3) неавтоматизированные (человек работает без применения сложных технических средств).

Б. По целевому назначению: 1) управляющие (основная задача — управление машиной или комплексом); 2) обслуживающие (человек контролирует состояние машины, ищет неисправности, осуществляет настройку); 3) обучающие (тренажёры, технические средства обучения); 4) информационные (радиолокационные, телевизионные и т.п.); 5) исследовательские (моделирующие установки, макеты).

В. По числу операторов и иерархии «человеческого звена»:

1) моносистемы (один человек — например, пилот или оператор

станков с ЧПУ); 2) полисистемы (несколько человек, команда), где выделяются: «паритетные» (когда все операторы работают «на равных») и иерархические (с чёткой соподчинённостью операторов).

Г. По типу взаимодействия человека и машины: 1) с непрерывным, постоянным (например, система «водитель — автомобиль»); 2) частичным, стохастическим (например: система «оператор — компьютер»; 3) эпизодическим взаимодействием.

Д. По типу и структуре машинного компонента в СЧМ: 1) инструментальные СЧМ (неотъемлемый компонент системы — инструменты и приборы, работа с которыми требует от оператора высокой точности выполняемых операций, т.е. важна роль самого человека); 2) простейшие человеко-машинные системы (включают стационарные и нестационарные технические устройства); 3) сложные человеко-машинные системы (включают целую систему взаимосвязанных устройств, различных по своему функциональному назначению); 4) системотехнические комплексы (иногда система расширяется до «человек — человек — машина», как некая иерархия более простых систем).

Е. По особенностям рабочего процесса: 1) детерминированные и вероятностные; 2) статические и динамические; 3) дискретного и непрерывного действия системы.

Известны и другие классификации: по видам продуктов труда, точности и надёжности функционирования, роли и месту человека в системе.

3.3. Концепции деятельности человека в человеко-машинных системах

В процессе развития инженерной психологии как научно-практической дисциплины наблюдается возникновение и смена парадигм проектирования и соответственно взглядов на роль и положение человека в технической системе.

В начальном периоде эволюции технических систем большую роль играл «*машиноцентрический подход*», в соответствии с которым человек рассматривался как звено технической сис-

темы, решающее ту или иную её задачу. Описание оператора осуществляется в терминах анализа технических средств. Определяются «входные» и «выходные» параметры человека, составляется его передаточная функция. Задачей исследователя является поиск некоторых констант, не зависящих от условий работы человека. Такой подход оказался малопродуктивным при анализе сложных систем, так как поведение человека осуществляется сложным, плохо формализуемым образом.

Возникла необходимость в развитии новых подходов, и появился сформулированный Б.Ф. Ломовым *«антропоцентрический подход»*. Его суть в том, что машина является орудием труда, с помощью которого осуществляется деятельность человека. При этом главным становится проектирование деятельности «человека — оператора». Проект деятельности выступает основой решения задач проектирования системы. Несмотря на перспективность подхода, долгий период его развития поставил под сомнение его эффективность. Дело в том, что одного психологического знания оказалось явно недостаточно для того, чтобы возглавить проектирование сложных технических систем на всех уровнях их создания и эксплуатации. Многие инженерно-психологические проекты имели явно декларативный характер, не подкреплённый технологически. Одновременно с антропотехническим подходом появился *«системно-технический»* подход, в котором роли человека и техники уравниваются. Однако и он не получил должного развития, но уже по причине низкой психологической грамотности инженеров, что проявлялось в игнорировании ими психологического знания.

Мягкой формой антропоцентрированной методологии явился *«человеко-ориентированный»* подход к проектированию (П.Я. Шлаен, В.М. Львов), который постулирует необходимость учитывать возможности человека в системе, но главным образом на первых этапах её проектирования. Далее осуществляется эргономический контроль процесса разработки системы, оценка её эргономичности.

Этот подход широко распространён в инженерной среде эргономического направления. Однако он, позволяя проектировать хорошо известные системы и продукты, тем не менее, малоэффективен при создании новых образцов техники и систем «человек — машина».

Альтернативой ему служит подход, развиваемый автором данного пособия, который называется подходом «умножения возможностей». Согласно ему задачам эргономического проектирования является, прежде всего, расширение возможностей психологической и психофизиологической систем оператора, наделение его новыми свойствами для решения профессиональной задачи. Подчёркнём, что в данном подходе речь идёт не только о проектировании технических систем, включающих человека и учитывающих его свойства, но и о проектировании человека, его внутреннего мира посредством специальных технических решений. «Новый человек» придаёт эргатической системе новые свойства, ведущие к успешному выполнению профессиональной деятельности.

В процессе тематической проработки технических решений человеко-машинной системы должны оцениваться вклады каждой новой подсистемы в увеличение возможностей тех или иных систем человека. Речь идёт об усилении его перцептивных возможностей, возможностей антиципации, памяти, внимания, принятия решения, мышления, включения в социальные системы и системы коллективного принятия решений и т.д. Необходимо учитывать синергетические эффекты, возникающие вследствие появления новых технических и психологических элементов в проектируемой системе. Особое внимание уделяется и новым способностям, которыми наделяется человек при внедрении той или иной системы. Например, в авиации сверхманевренность самолётов с изменяемым вектором тяги двигателя позволяет снять ограничения по пространственному манёвру, что даёт пилоту новую способность — свободно перемещаться в пространстве на низких скоростях. Введение систем обеспечения невидимости в радиолокационном диапазоне даёт лётчику уверенность и превосходство над противником при выполнении задач, требующих внезапного появления и ухода с поля боя. Машина усиливает возможности пилота.

При таком подходе важную роль приобретает выбор интерфейсных решений, обеспечивающих эффективное включение оператора в комплекс обеспечения целевой функции системы.

Методология «умножения возможностей» позволяет включить в круг рассматриваемых инженерной психологией не только вопросы тематической разработки новых изделий и систем с точки зрения обеспечения технико-технологических

аспектов проектирования, но и вопросы формирования посредством техники эффективного внутреннего мира профессионала.

3.4. Принципы эргономического обеспечения разработки человеко-машинных систем

Человеко-машинные системы создаются в рамках совместной деятельности коллективов, состоящих из специалистов разного профиля, включающей этапы формирования технического проекта, конструирования, создания и испытаний опытного образца, разработки технической и технологической документации, проведения государственных испытаний и внедрения в производство.

На каждом этапе решаются специфические задачи, в том числе и задачи учёта человеческого фактора. Система учёта особенностей человека в процессе разработки человеко-машинных комплексов называется *системой эргономического обеспечения разработки и эксплуатации* (СЭОРЭ). В первую очередь эта система занимается вопросами рационального учёта характеристик системы «человек — машина», согласования свойств её человеческого и машинного звеньев с целью достижения требуемого (заранее заданного) качества деятельности. СЭОРЭ планомерно использует научно-технические, производственные и социально-экономические возможности страны и международного сообщества для совершенствования эргономических качеств образцов человеко-машинных систем. Эти возможности непрерывно увеличиваются и изменяются вместе с прогрессом человеческой цивилизации.

СЭОРЭ строится на следующих основных организационно-методических принципах:

- иерархической группируемости задач СЭОРЭ по этапам их реализации во времени и пространстве;
- согласования этапов СЭОРЭ со стадиями технического проектирования, испытаний, производства и эксплуатации;
- циклического повторения последовательности процедур эргономического обеспечения;

- комплексного эффекта — достижение результата за счёт комплексного учёта возможностей человека, а не отдельных мероприятий и частных решений;
- коллективного решения задач и разумной специализации: предусматривает создание коллектива из специалистов различных отраслей практики и знания;
- активного участия будущих пользователей в проектировании;
- рационального распределения функций между пользователем и техникой;
- приоритетности в проектировании эргономической информации, полученной СЭОРЭ перед другими видами информации;
- адекватности внедряемых решений возможностям человека-оператора;
- принцип ответственности за принятые и внедрённые решения.



Контрольные вопросы по главе

1. Назовите подсистему более высокого уровня, включающую человека, в системе «робот, собирающий радиоактивные обломки после аварии на атомной электростанции».
2. Что такое информационная модель?
3. Назовите основные требования к информационной модели.
4. Приведите примеры наглядных информационных моделей в системе управления автомобилем.
5. Что такое концептуальная модель?
6. Сколько концептуальных моделей возникает у оператора при наблюдении через микроскоп подкованной Левшой блохи?
7. В чём заключается задача распределения функций при проектировании техники?
8. Назовите сильные стороны человека в СЧМ.
9. Приведите примеры систем слежения за динамическими объектами.
10. Раскройте содержание принципа адекватности внедряемых решений возможностям человека — оператора.
11. С какой целью в СЭОРЭ требуется активное участие будущих пользователей в проектировании?

Темы для групповой дискуссии

1. Можно ли говорить об инженерно-психологических проблемах разработки видеоманитофона, органов управления магнитофоном, контейнера для хранения видеоманитофона?

Литература

1. Основы инженерной психологии: Учебник для техн. вузов / Б.А. Душков, Б.Ф. Ломов, В.Ф. Рубахин и др. / Под ред. Б.Ф. Ломова. М.: Высшая школа, 1977. С. 5–17.
2. Котик М.А. Курс инженерной психологии. Таллин: Валгус, 1978. С. 9–46.
3. Дмитриева М.А., Крылов А.А., Нафтульев А.И. Психология труда и инженерная психология. Л.: Изд-во ЛГУ, 1979. С. 129–137.
4. Суходольский Г.В. К вопросу о формировании у человека — оператора навыка слежения за движущейся целью // Проблемы общей и инженерной психологии. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. С. 80–89.

4

ПСИХО- ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ БАЗИС ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

глава

Знание свойств человека — оператора, его недостатков и преимуществ позволяет грамотно спроектировать эргатическую систему, сделать её эффективной и надёжной. При этом важную роль играют формы представления знаний о человеке. Каждая наука, обладая специфическим языком, максимально эффективна в зоне своих описаний, но при этом она может быть совершенно непонятна представителям других областей знания. Вопрос междисциплинарной трансляции знаний становится основным при участии в процессе проектирования специалистов разных профессий, что проявляется при создании сложных человеко-машинных систем. Именно специфичность человеческой психики, недоступной изучению методами естественных наук, составляющих базис инженерного проектирования, создаёт серьёзный барьер непонимания между психологами и инженерами. Психология, оперируя понятными на бытовом уровне конструктами, такими, как память, внимание, чувства, эмоции и т.д., включает в их содержание совершенно иные контексты, чем инженеры, которые работают с предметным, измеримым миром физических моделей и технологий. Это совсем другая форма опыта. К сожалению, возникающая иллюзия понятности психологии, её доступности ведёт к попыткам принизить роль психологического знания при проектировании, преувеличенному значению измеряемых характеристик человеческого организма. Возникает инженерная интерпретация психологических знаний.

Вещь достаточно опасная, так как она ведёт к неэффективным решениям и междисциплинарным конфликтам.

Вместе с тем нужно признать, что человек является сложной информационно-управляющей системой, и его можно в первом приближении рассматривать в качестве физической системы, обрабатывающей информацию. При этом допустимы расширения психологического языка на создаваемые модели, интерпретации которых имеют в значительной мере психофизиологический характер.

С инженерной точки зрения человек как приёмник и передатчик информации довольно несовершенное устройство. Он обладает узким диапазоном восприятия посредством сенсорных систем изменений физического мира, низкой пропускной способностью, которая легко исчерпывается как при приёме, так и при передаче информации. Моторные выходы человека обладают невысоким быстродействием. Его силовые возможности ограничены.

Человек как вычислительная система, напротив, превосходит все существующие технические системы по возможностям параллельной обработки информации и способности решать задачи методом логической индукции. Многие свойства психики человека по настоящее время не реализованы в технических системах, в том числе и такие, как сознание и интеллект, несмотря на то, что работы в этом направлении ведутся не один год.

Человек как управляющее устройство характеризуется очень высокими способностями к адаптации при решении сенсомоторных и других задач, не выходящих за ограничения его памяти, сенсорных и двигательных систем.

Рассмотрим более подробно с инженерной точки зрения возможности человека как информационной системы, решающей задачи обеспечения деятельности. Сразу оговоримся, что это неглубокий экскурс в физиологию и общую психологию, и его значение состоит лишь в том, чтобы инженерный психолог мог сформировать точки контакта с представителями инженерных и точных наук. Естественно, что при таком подходе многие свойства человеческой психики могут быть упущены или находятся вне нашего внимания. Кроме того, при проектировании человеко-машинных систем многие существенные с точки зрения психологии свойства человека не могут быть учтены в силу их ме-

тафоричности и количественно-качественной неопределённости. Например, чувства «глубокого удовлетворения» и «искренней благодарности» будут с трудом поняты инженерами. Интуитивно понятные вещи в психологии часто являются элементами языковой игры, уточняющими те или иные понятийные конструкты. Однако они малополезны в практике проектирования, хотя и могут иногда использоваться в качестве аргументов в процессе принятия решений.

4.1. Приём и первичная обработка информации оператором

Сущность психических явлений заключается в том, что они представляют собой субъективную, т.е. возникающую в психическом мире человека конструкцию в форме **субъективных образов** — ощущений, восприятий, представлений, мыслей, чувств. Возникающая психическая, **субъективная реальность** характеризуется наличием сознания, языка, речи, воли, проявляется в форме личности, обладающей самосознанием, определённой свободой в реализации своих планов и программ. Полноценных аналогов в физическом мире неживой природы этим явлениям нет, что создаёт проблемы при их учёте в процессе создания человеко-машинных систем. Отметим также качественный, не поддающийся прямым измерениям характер психических явлений, которые доступны непосредственно только их носителю, и никому больше.

Важнейшей составляющей деятельности оператора является приём информации об объекте управления. Это стадийный процесс, завершающийся восприятием информации и созданием чувственного перцептивного образа.

Различают **четыре стадии** перцептивного действия: обнаружения, различения, идентификации и опознания.

На стадии обнаружения наблюдатель выделяет объект из фона, но не может судить о его форме и признаках.

На стадии различения наблюдатель способен отдельно воспринимать два объекта, расположенные рядом, выделять их детали.

На стадии идентификации объект отождествляется с эталоном, записанным в памяти.

На стадии опознания наблюдатель выделяет существенные признаки объекта и относит его к определённой классу.

Отметим, что обнаружение и различение относятся к перцептивным, а идентификации и опознания — к опознавательным действиям. Существенное различие между этими процессами состоит в том, что восприятие есть действие по созданию образа, эталона, а опознание — действие сличения стимула с эталоном в памяти и отнесение его к определённой категории.

Первичной формой психической перцепции является **ощущение**, возникающее при непосредственном воздействии предметов и явлений материального мира на анализаторы человека.

На основе синтеза ощущений складывается более сложная форма отражения — **восприятие**. В отличие от ощущений в нём формируются не отдельные свойства, а образ предмета в целом. Восприятие образуется на основе совместной деятельности ряда анализаторных систем. Восприятие всегда **целостно**. Мы никогда не путаем предметы между собой, несмотря на множество различных ощущений, получаемых от них.

В процессе восприятия формируется «**перцептивный образ**», который играет важную роль в регуляции поведения и деятельности человека. Перцептивный образ обладает свойствами **константности** — неизменности при изменении условий восприятия предметов. Процессы построения перцептивного образа имеют автоматический циклический характер, идут постоянно и часто нами не осознаются.

Образ обладает свойством **объективированности**: в образе объект представлен находящимся вне воспринимающей системы. Образ субъективен — недоступен стороннему наблюдателю.

Механизмы построения психического образа в деталях неясны, зависят от многих условий, и можно лишь с практической точки зрения говорить об адекватности восприятия. Восприятие становится результатом конструирующей функции психики. Его содержание обусловлено опытом человека и ситуацией.

Важно обеспечить оператору условия деятельности, при которых бы не происходило трансформаций восприятий, ведущих к неэффективным действиям.

На основе ощущения и восприятия возникает более сложная форма чувственного отражения действительности — **представление** — вторичный чувственный образ предмета, который в данный момент не действует на органы чувств, но действовал в прошлом. Субъективно представление связано с такими понятиями, как неустойчивость, фрагментарность, зыбкость, непостоянство, в отличие от определённости и константности восприятия. Представление аккумулирует в себе все постоянные свойства явления и является его собирательным образом, схемой. Выступает в роли «внутреннего эталона», с которым сравниваются воспринимаемые объекты. Представления служат основой для умственных действий, этапом перехода к мышлению — форме опосредованного отражения.

Среди моделей, описывающих свойства человека в рамках инженерной методологии как системы, наиболее часто встречаются кибернетические модели с элементами информационного подхода. При этом человек рассматривается как «чёрный ящик», имеющий входы и выходы (в том числе моторные). Изучается его поведение на выходе при подаче различных сигналов на входы.

Основная функция психики человека с информационной точки зрения — восприятие изменений во внешней среде и изменение внутреннего состояния организма и его поведения в соответствии с этими изменениями для получения максимального приспособительного эффекта, позволяющего обеспечить физиологическую целостность человека и получить резервы для существования на возможно большую временную перспективу.

Для решения этой задачи мозг как основной орган психического регулирования имеет практически неограниченные возможности по восприятию и обработке поступающей жизненно важной информации, её преобразованию на носителях различной физической природы — электрических, химических, биохимических и других. Работа мозга — процесс непрерывного изменения и адаптации.

Связь с внешним миром осуществляется посредством эволюционно приобретённых **«анализаторных систем»**, которые дейст-

вуют всегда интегрированно, в постоянной взаимосвязи, реализуя функции восприятия. С целью научного изучения их разделяют на зрительный, слуховой, обонятельный, вкусовой, кожный анализаторы, анализаторы внутренних органов и двигательный анализатор, оценивающий состояние мышц и сухожилий.

Любой анализатор — сложная система регулирования, состоит из:

- рецептора;
- проводящих нервных путей;
- центра в коре больших полушарий головного мозга.

Основная функция рецептора — превращение энергии действующего на него раздражителя различной физической природы в нервный процесс, сопровождаемое сменой носителя информации, заключённой в физических параметрах раздражителя, с внешнего её носителя на внутренний.

Так, раздражителем для рецепторов глаза являются электромагнитные волны определённого спектра, для рецепторов уха — механические колебания среды, для рецепторов вкуса — химический состав воздействующего вещества и т.д.

Деятельность рецепторов, их свойства (чувствительность, избирательность и т.д.) изменяются в зависимости от оценки центральными органами мозга значения и качества полученной информации и регулируются в широких пределах.

Рассматриваемая нами модель, конечно, чрезвычайно груба и практически является физиологической редукцией, в которой психические процессы в их качественной определённости практически не рассматриваются. Однако вместе с тем эти представления позволяют с приемлемой для практики точностью решить многие задачи инженерно-психологического плана. В первую очередь это касается вопросов проектирования рабочих мест операторов и их элементов, организации информационных моделей, выбора диапазонов и ограничений условий взаимодействия человека с технической средой. Всё это можно рассматривать как решение задачи проектирования человеко-машинных интерфейсов, обеспечивающих связь оператора с технической системой. Этот класс задач для своего решения требу-

ет знаний о работе перцептивных систем организма человека в количественной форме, что обеспечивается средствами психофизиологии.

4.1.1. Характеристики зрительного анализатора

Через зрение человек получает большую часть информации, позволяющей проводить осознанную целенаправленную деятельность. Зрительный анализатор формирует в психике человека первичные зрительные ощущения — цвета, света, формы, образов внешнего мира, обеспечивает зрительную деятельность человека.

Парное взаимодействие глаз вызывает **бинокулярный эффект**, благодаря которому появляется восприятие объёмности предметов, их удалённости в пространстве.

Воспринимающая часть глаза включает два типа рецепторов — **палочки** и **колбочки**, формирующие сетчатку глаза, на которую через хрусталик поступает изображение предметов внешнего мира. Палочки являются аппаратом ахроматического (чёрно-белого), а колбочки — хроматического (цветного) зрения.

Абсолютная чувствительность зрения весьма высока и составляет всего 10–15 квантов лучистой энергии, при воздействии которых на сетчатку в психике человека возникает ощущение света.

Зрительная система работает в очень широком диапазоне яркостей. Максимальная яркость, вызывающая ослепление, составляет 32.2 стильба, а минимальная воспринимаемая глазом освещённость около $8 \cdot 10^{-9}$ люкс. При идеальных условиях человек может видеть свет, излучаемый звёздами 6-й величины.

Глаз чувствителен к электромагнитному излучению в диапазоне длин волн от 380 до 760 мкм, причём максимум световой чувствительности глаза смещается в зависимости от уровня освещённости. Этим объясняется «**эффект Пуркинье**»: при сумеречном освещении синие и зелёные предметы кажутся более светлыми, чем красные и желтые. Волны разной длины вызывают ощущения **цвета** и его градаций: красного — 610–620 мкм; жёлтого — 565–590 мкм; зелёного — 520 мкм; синего — 410–470 мкм; фиолетового — 380–400 мкм.

Чувствительность глаза к различению цветового тона различна и имеет около ста тридцати градаций. На практике эти особенности цветового зрения используются при создании систем цветового кодирования и сигнализации. Обычно используется не более четырёх цветов — красный, жёлтый, зелёный и белый. Наиболее тонко глазом различаются длины волн в районе 494 мкм (зелено-голубой цвет) и 590 мкм (оранжево-жёлтый). В средней части видимого спектра (зелёный цвет), а также в его концах (фиолетовый и красный) дифференцировка цветности значительно грубее. Максимальная цветовая чувствительность глаза при дневном освещении лежит в жёлтой части спектра (555 мкм).

Наиболее контрастирующие соотношения цветов в порядке убывания цветового контраста: синий на белом, чёрный на жёлтом, зелёный на белом, чёрный на белом, зелёный на красном, красный на жёлтом, красный на белом, оранжевый на чёрном, чёрный на пурпурном, оранжевый на белом, красный на зелёном.

Цвет и свет играют значительную роль в человеческой практике. При создании многих изделий необходимо учитывать их цветовые и световые характеристики. Цвет может выполнять энергетическую и информационную функции. Цветом кодируются состояния индикаторов технических систем. Например, красный цвет свидетельствует о критических и опасных режимах, зелёный — о нормальном функционировании системы, жёлтый предупреждает об изменении режима. Светофор является примером технического устройства, в котором цвет играет чисто информационную роль, регулируя дорожное движение.

Военные стандарты США устанавливают следующий дополненный алфавит цветового кода:

- красный — используется для предупреждения оператора о том, что система или её часть не работают;
- мигающий красный — для обозначения ситуации, требующей немедленного реагирования;
- жёлтый цвет — для обозначения предельных режимов, в которых необходима осторожность;
- зелёный цвет — нормально работающая система;
- белый цвет — используется для обозначения функций, о которых не известно, правильны они или ошибочны, например, для обозначения промежуточных состояний системы;
- синий цвет — справочные и консультативные сведения.

При организации сложных пультов управления и индикации, содержащих большое количество кодирующих признаков, возникают сложные взаимодействия светлоты и цвета, что требует специальных процедур измерений и подбора цвета. С этой целью используются специальные шкалы и методы построения изотропного пространства различения светлоты и цвета. Доказано преимущество цветового кодирования при решении задач обнаружения. Время поиска объектов по цвету минимально.

Освещённость рабочего места влияет на работоспособность оператора. Снижение освещённости ведёт к снижению работоспособности. Зрительный комфорт и работоспособность зависят от соотношения между яркостью наблюдаемого объекта и яркостью фона, окружающего объект.

Зрительная система человека обладает определённой инерционностью при быстрой смене световых раздражителей, которые после определённого порога, называемого «**критической частотой слияния световых мельканий**» (КЧСМ), воспринимаются как непрерывный сигнал. На этом эффекте работают системы кино и телевидения, предъявляющие на короткое время изображение в виде последовательности картинок. КЧСМ, в зависимости от параметров предъявляемого сигнала и функционального состояния зрительного анализатора, изменяется в диапазоне от 14 до 70 Гц.

Острота зрения человека — минимальный угол зрения, при котором две равноудалённые точки видны как отдельные, составляет несколько десятых угловой минуты и зависит от освещённости и контрастности объекта, его формы и положения в поле зрения. Эта характеристика играет большую роль в задачах информационного поиска и обнаружения, составляющих значительную часть операторской деятельности.

Диапазон восприятия интенсивности светового потока человеком очень велик и достигается в процессе **световой** и **темновой** адаптации, время которой составляет от 8 до 30 минут.

Темновая адаптация возникает при уменьшении яркости фона от некоторого значения до минимальной яркости (практически темноты). Происходит ряд изменений в зрительной системе:

- переход от колбочкового зрения к палочковому;

- расширяется зрачок;
- увеличивается площадь на сетчатке, по которой происходит суммирование воздействия света;
- увеличивается время суммирования световых воздействий;
- увеличивается концентрация светочувствительных веществ в зрительных рецепторах;
- увеличивается чувствительность зрительной системы.

Световая адаптация — явление, обратное темновой адаптации. Она происходит в процессе приспособления зрительной системы после длительного пребывания в темноте.

С инерционностью зрения связан и феномен **последовательных зрительных образов**, возникающих непосредственно после прекращения раздражения сетчатки. При этом возможны наложения и искажения восприятий, ведущие к ошибочным действиям человека. Иллюзиям движения и инерции зрения обязаны своим развитием кино и телевидение.

Зрительная система человека позволяет воспринимать движение. Нижний абсолютный порог восприятия скорости составляет:

- при наличии в поле зрения неподвижного ориентира 1–2 угл. мин/с.;
- без ориентира 15–30 угл. мин/с.

Равномерное движение с малыми скоростями (до 10 угл. мин/с.) при отсутствии в поле неподвижных ориентиров может восприниматься как прерывистое.

Поле зрения каждого глаза: вверх 50 град.; вниз 70 град.; по направлению к другому глазу 60 град.; в противоположном направлении 90 град. Общее поле зрения по горизонтали 180 град. Точное восприятие зрительных сигналов возможно только в центральной части поля зрения. Именно здесь должны быть расположены наиболее важные элементы рабочего места оператора.

Максимальная пропускная способность зрительного анализатора на уровне фоторецепторов 5.6×10^9 бит/с. По мере продвижения к корковым структурам падает до 50–60 бит/с. Несмотря на столь низкую скорость восприятия, человек в своём субъективном мире имеет дело с образами восприятий,

обладающими высоким разрешением и детальностью. Это связано с конструирующими функциями психики, строящей образ на основании не только внешней информации, но и информации, циркулирующей в системах памяти и фиксации опыта.

В настоящее время нет удовлетворительной научно обоснованной теории, объясняющей работу зрительной системы человека в целом, есть только ряд предположений о принципах работы отдельных звеньев системы. Однако её свойства вполне описаны и оформлены в виде справочных данных. Их использование требует от проектировщиков большой осторожности, так как параметры зрительной системы очень вариативны и сильно зависят от условий и методов измерения.

4.1.2. Характеристики слухового анализатора

Слуховой анализатор — второй после зрения по значимости канал получения информации человеком. На его основе формируется речевой способ передачи информации, являющийся одним из самых эффективных методов человеческой коммуникации.

В процессе функционирования слухового анализатора в сознании человека формируется ощущение звука. Чувствительность слухового анализатора, как и зрительного, близка к абсолютной и позволяет в условиях абсолютной тишины слышать механические колебания, вызываемые трением молекул при броуновском движении. Парное взаимодействие ушей реализует **«бинауральный эффект»** или стереозффект, позволяющий локализовать в пространстве точечный источник звука и выделить направление его перемещения.

Воздействие звуковых колебаний на органы слуха вызывает ощущения в виде громкости, высоты, тембра звука. Громкость звука связана с интенсивностью звукового давления (табл.1), и её максимальное значение в виде **порога болевого ощущения** составляет 140 дБ интенсивности давления. Минимальная амплитуда колебания среды, вызывающая ощущение звука, составляет 0.000000009 см. Чувствительность уха к колебаниям различной частоты неодинакова и максимальна в диапазоне 2000–4000 Гц.

Звуковые давления и уровни, часто встречающиеся
в жизненных ситуациях

Таблица 1

Звуковое давление, Па	Уровень давления, дБ	Источник звука
0.00002	0	Порог слышимости
0.000063	10	Шелест листвы
0.0002	20	Студия звукозаписи
0.002	40	Библиотека
0.0063	50	Тихое конторское помещение
0.02	60	Разговорная речь (на расстоянии 1 м)
0.063	70	Радиопередача средней громкости
0.1	74	Дорожный шум днём
0.2	80	Типичная фабрика
0.63	90	Поезд метро
2	100	Симфонический оркестр
6.3	110	Рок-группа
20	120	Взлёт реактивного самолёта
200	140	Болевой порог

Па — паскаль — единица измерения давления в системе СИ.

1 Па = 1 Н/м.2

С возрастом слуховая чувствительность на высоких частотах падает на 20 и более децибел.

При поступлении на органы слуха звуковых сигналов разной частоты наступает «**эффект маскировки**», выражающийся в снижении слышимости полезного сигнала. Наиболее сильное маскирующее влияние помехи возникает в случаях:

когда частоты полезного сигнала и помехи близки между собой; по мере увеличения интенсивности помехи маскирование охва-

тывает всё более далёкие частоты сигнала;
если частота помехи ниже частоты сигнала;
интерференции полезного сигнала и помехи.

Наиболее сильно нам мешают звуки, состоящие не из одной или двух очень интенсивных частот, а являющиеся сложной смесью множества частот — «белый шум».

Воздействие на органы слуха группы колебаний (спектра) вызывает ощущение «окраски звука» — **тембра**, позволяющего человеку определить источник звука.

Подача последовательной серии звуковых сигналов при уменьшении интервалов между ними вызывает эффект «**критической частоты слияния звука**» (КЧСЗ), который наступает при частоте звуковых последовательностей около 35–70 Гц, и сильно зависит от условий восприятия и психофизиологического состояния человека.

Восприятие речевого сигнала имеет свои особенности. Прежде всего, акустическая энергия гласных звуков концентрируется в гармонически связанных диапазонах частот, называемых **формантами**. Эти частоты соответствуют механическим резонансам речевого тракта. Первая форманта в зависимости от гласного звука и говорящего располагается между 200 и 800 Гц, вторая — в окрестности 1500 Гц, третья — в области 2400 Гц, четвёртая — примерно вокруг частоты 3500 Гц. При генерации согласных звуков в спектре последних большая часть энергии приходится на высокие частоты, чем на низкие. Человеческая речь лежит в диапазоне около 300–4000 Гц. Основной спектр в диапазоне 1000 Гц.

Понимание речевых сообщений зависит от темпа их передачи, наличия интервалов между словами и фразами. Оптимальным считается темп 120 слов в минуту. Интенсивность речевых сигналов должна превышать интенсивность шумов не менее чем на 6.5 дБ. Опознавание речевых сигналов зависит от длины слова. Многосложные слова правильно распознаются лучше, чем односложные, что объясняется наличием в них большего числа опознавательных признаков. Более точно распознаются слова, начинающиеся с гласного звука. На восприятие слов решающее влияние оказывают их синтаксические и фонетические закономерности. Установление синтаксической связи между словами во многих случаях позволяет восстановить пропущенный сигнал.

При переходе к фразам оператор воспринимает не разрозненные, отдельные сигналы, а грамматические структуры, порождающие смысловое содержание сообщения. Оптимизация звукового и речевого взаимодействия оператора в СЧМ имеет сложный характер и требует учёта специфики взаимодействия анализаторных систем между собой, а также содержания циркулирующей в СЧМ текстовой справочной и управляющей информации.

4.1.3. Другие анализаторы и взаимодействие анализаторных систем

Помимо рассмотренных нами зрительной и слуховой анализаторных систем, являющихся классическим объектом изучения инженерной психологии, в ряде видов деятельности важны кожный, кинестетический, обонятельный, вкусовой и вестибулярный анализаторы. Среди них необходимо выделить вестибулярный, обеспечивающий восприятие изменения положения головы (и тела) в пространстве и направления движения тела. Роль этого анализатора проявляется при попадании человека в необычные гравитационные условия, препятствующие его нормальной работе, такие, как невесомость, движение в условиях ускорений с резкой сменой направления движения.

Все анализаторы функционируют не изолированно друг от друга, а сложным образом связаны, обеспечивая единство восприятия окружающего мира, состояния организма, предупреждая человека о наступлении жизненно важных ситуаций и состояний.

Нарушение процесса синхронного взаимодействия перцептивных систем вызывает изменения в нормальном функционировании психики, её отражательных и регуляторных механизмах. Особенно отчётливо эти эффекты проявляются в профессиях, связанных с необычными сенсорными стимуляциями. Так, широко отмечаются эффекты нарушения пространственной ориентации в деятельности лётчиков, качивания у моряков, нарушения схемы тела у космонавтов. В исследованиях внутривестибулярных взаимодействий у лётчиков отмечено влияние вестибулярного аппарата на нормальную работу глазодвигательной системы. Показано, что нарушение взаимодействия вестибулярной системы, механорецепторных полей и зрительной информации приводит к сенсорному конфликту.

В литературе широко описаны феномены болезни движений — кинетоза, возникающего у нормальных здоровых людей как реакция на непривычные формы движения.

Метод сурдокамерного испытания позволил выявить следующие источники происхождения необычных психических состояний у здоровых людей: ориентация в ситуациях с затруднениями в восприятии информации; перестройка взаимоотношений человека с самим собой в условиях изоляции; повышенная сонливость; типичная динамика ситуационно-обусловленной эмоциональной напряжённости.

Необычные свойства физической среды, например, условия невесомости, также ведут к значительной перестройке работы систем организма, в том числе и психической сферы человека.

Отметим важную особенность действия сенсорных (воспринимающих) систем человека — их **контекстуальную** зависимость: свойства анализаторных систем сильно зависят от использования мозгом принимаемой информации. В отношении «значимой» информации повышается чувствительность анализаторов и, наоборот, понижается, если она расшифровывается человеком как ненужная. Поэтому надо осторожно относиться к использованию в практике проектирования результатов лабораторных экспериментов, полученных в условиях неопределённого контекста.

При решении задач проектирования СЧМ для обеспечения нормальной работы и взаимодействия анализаторных систем необходимо по возможности учитывать всю систему действующих на оператора раздражителей.

4.2. Хранение и переработка информации человеком, принятие решений и познавательные процессы

Знание физиологических особенностей работы анализаторных систем позволяет нам понять связь психики человека с внешним миром, выяснить физиологические ограничения по приёму и преобразованию информации, определить основные закономерности функционирования первичных психологических механизмов работы мозга. Это существенно при решении задач про-

ектирования систем и средств отображения информации, выборе технических решений по организации рабочего места оператора, органов управления. Однако этого явно недостаточно для описания сложных психических процессов при принятии решений в СЧМ. Для ответа на возникающие при этом вопросы обратимся к данным психологии, анализирующей специфику функционирования психической сферы человека, его поведения в различных условиях деятельности.

При изучении психических явлений необходимо постоянно помнить об их неразрывной взаимосвязи, взаимовлиянии и целостности. Нет в чистом виде, например, такой категории, как «память». Эти свойства проявляются в любом психическом процессе, но при изучении памяти намеренно выделяют задачи, акцентирующие данные свойства и позволяющие определить основные черты этого феномена. То же относится и ко всем остальным психическим образованиям, вне зависимости от уровня их рассмотрения.

Анализ когнитивных процессов в психической сфере оператора строится в инженерной психологии на базе информационного подхода, в котором информационные процессы рассматриваются в «чистом виде», без учёта специфики их носителя, биологии и физики процессов. Это достаточно серьёзное допущение, так как оно, сильно упрощая реальную сложность работы человеческого мозга, исключает многие существенные, важные в профессиональной деятельности, черты работы механизма психического регулирования. Вместе с тем наука не имеет более эффективных, чем информационный и системный подход, способов представления объектов организованной сложности, к которым относится человек. Информационные представления позволяют использовать привычные для инженерного мышления кибернетические метафоры при анализе психики человека.

Одним из основных процессов, определяющих когнитивные способности человека, является память. Она обеспечивает накопление информации об окружающем мире, служит основой для реализации всех видов человеческой деятельности, обучения и развития человека. Механизмы памяти являются основой для функционирования всех физиологических и психических процессов, формирующихся в нервной системе.

Выделяют основные процессы памяти — запоминание, сохранение, забывание и восстановление (воспроизведение). В зависи-

мости от уровня рассмотрения и выбранных оснований для классификации различают: память долговременную и кратковременную; зрительную, слуховую, тактильную и т.д.

Память является сквозным психическим процессом и проявляется во всех явлениях психики независимо от уровня их рассмотрения. В памяти отражаются все грани человеческого опыта — не только когнитивного (познавательного), но и эмоционально-волевого. Память обеспечивает существование человека во времени, возможность использовать знания о прошедшем для построения будущего.

Для инженерной психологии конструктивно понятие «**оперативной памяти**» — способности человека к запоминанию, сохранению и воспроизведению информации, перерабатываемой в определённой деятельности.

Оперативная память связана с кратковременной памятью — процессом непосредственного запоминания информации, зависящим от характера запоминаемых стимулов, вида их организации, значения для субъекта осуществляемой деятельности. По сравнению с понятием «объём кратковременной памяти», которое подразумевает количество объектов, свободно запоминающихся в короткий промежуток времени, понятие «объём оперативной памяти» подразумевает количество объектов, не только запоминающихся, но и использующихся, обрабатывающихся как поодиночке, так и между собой за этот промежуток времени.

Объём кратковременной памяти подчиняется закону Миллера и равен «семь плюс минус два» одновременно действующих в сознании структурированных фрагментов опыта. Правда, заметим, что это, строго говоря, не закон запоминания, а скорее объяснительная форма, свидетельствующая об ограниченных возможностях человеческого сознания. В последнее время кратковременная память критикуется многими исследователями как недостаточно строго определённое понятие.

При рассмотрении человека как системы переработки информации выделяют декларативную, рабочую и процедурную память.

Декларативную память называют также долговременной, концептуальной, вторичной или семантической памятью в зависи-

мости от контекста и вкуса автора. Именно в ней хранятся данные, необходимые для операторской деятельности.

Основная функция — запоминание входной информации. Объём — практически неограниченный, связанный с процессами динамической организации информационных процессов. Содержимое — семантические, пространственные, акустические, двигательные, временные коды.

Информационные единицы — понятия, высказывания, схемы (фреймы, скрипты). Организация — иерархическая, в виде узлов и связей, допускаются неточные значения, предыдущий опыт, многоуровневость. Процессы запоминания — устное наущение (по инструкциям), перекодировка.

Рабочая память — тождественна оперативной памяти.

Процедурная память — место хранения знания о том, как что-то можно сделать. Она является разновидностью декларативной памяти, отличается наличием в ней логических правил, позволяющих делать выводы о необходимых действиях с информацией в тех или иных ситуациях деятельности.

Особенности памяти оператора учитывают при организации систем и средств СЧМ, обеспечивающих деятельность человека. Объём информации, предоставляемой оператору в рабочих условиях, не должен превосходить актуальных оперативных возможностей его памяти.

Память служит основой более сложных когнитивных образований, на базе которых человек организует свою деятельность.

К ним относится мышление — психический процесс, являющийся формой опосредованного (в отличие от непосредственного восприятия) отражения. Мышление имеет обобщённый характер, предполагающий **отвлечение, абстрагирование** от каких-либо свойств предметов, явлений, использует функции **анализа и синтеза**. Выявление и обобщение отношений между предметами и явлениями мира является сущностью мышления.

Инженерную психологию интересует прежде всего «**оперативное мышление**» — процесс решения практических задач, в ре-

зультате которого формируется модель предполагаемой деятельности и операции, позволяющие выполнить её эффективно.

Основными компонентами оперативного мышления являются:

- **структурирование** — образование более крупных единиц действия путём связывания элементов ситуации между собой;
- **динамическое узнавание** — узнавание частей конечной ситуации в исходной;
- **формирование алгоритма решения** — выработка принципов и правил решения задачи, определение последовательности действий в каждом конкретном случае.

Отображение информации в СЧМ должно учитывать характеристики мышления оператора. Для его эффективного функционирования необходимо обеспечить:

- полноту информации об отображаемом событии;
- краткость и чёткость сигнала;
- его правильность, отсутствие информации, влекущей к ложным выводам;
- форму сигнала, которая должна указывать на его связь с другими сигналами;
- учёт опыта субъекта, полученного в аналогичных ситуациях.

Человек при решении тех или иных задач использует только ему присущую систему способов, приёмов действий, образующую его **индивидуальный стиль**. Стиль является образованием достаточно устойчивым и часто служит характеристикой человека, отличающей его от других людей. Мы, например, часто говорим, что человек по стилю речи напоминает жителя Крыма, или Новгорода, или Вологды, подчёркивая присущие жителям этих мест особенности. Решение одной и той же задачи с равной эффективностью может достигаться различными способами, одни из которых мы легко понимаем и принимаем, а другие для нас недоступны и неудобны. Естественно, что при проектировании технической среды необходимо учитывать индивидуальные особенности протекания процессов переработки информации операторами, позволяя им использовать при работе наиболее «удобные» стили.

Понятие «стиля» было введено вначале в работах Адлера в качестве глобального (всеохватывающего) психологического поня-

тия, но затем его объём сузился до категории способов организации познавательной деятельности — «**КОГНИТИВНЫХ СТИЛЕЙ**», определяющих систему предпочтений человека при решении познавательных задач. В сущности, когнитивный стиль представляет собой психический инструмент, с помощью которого человек решает задачи познания реальности и активного воздействия на неё. Когнитивный стиль — довольно устойчивая характеристика психики, которая проявляется при решении широкого класса задач, связанных с интегральной обработкой поступающей информации. Есть данные о том, что стилевые особенности человека формируются под действием культурной среды и являются культурно-зависимыми. Утверждается, что каждая культура ведёт к определённым формам когнитивной обработки информации и формирует свои массовые формы менталитета или близкого к нему понятия сенсотипа.

К основателям теории когнитивных стилей относят Германа Виткина, который понимал под когнитивным стилем предпочитаемый человеком способ когнитивного анализа и структурирования своего окружения. Им выделены два основных стиля — глобальный и артикулированный. Человек с артикулированным стилем использует механизмы дифференциации и организации среды (он независим от поля ситуации), а с глобальным — идёт на поводу ситуации (зависим от поля).

Работы сотрудников Менингерской школы психологии и их наиболее яркого представителя Р. Гарднера привели к понятию «когнитивного контроля». Под контролем понимаются индивидуальные способы анализа и оценки ситуации. Они обеспечивают оптимальные для данной личности формы поведения при решении познавательных задач.

Дж. Каган ввёл понятие индивидуального когнитивного темпа и связанного с ним стиля «импульсивность — рефлексивность». Импульсивные субъекты быстро принимают решения и ведут коррекцию решения за счёт ошибок во внешнем мире. Рефлексивные — выдают внешне достаточно точное решение после длительного анализа в субъективной сфере.

В литературе можно встретить описания около двух десятков когнитивных стилей (контролей), каждый из которых связан с определённой формальной психометрической процедурой, имеет соответствующее специфическое название.

Основные, наиболее известные из них:

- Полезависимость — полнезависимость.
- Гибкость — ригидность познавательного контроля.
- Узость — широта диапазона когнитивной эквивалентности.
- Импульсивность — рефлексивность.
- Широта категории.
- Толерантность к нереалистическому опыту.
- Когнитивная простота — сложность.
- Фокусирующий/сканирующий контроль.
- Конкретная — абстрактная концептуализация.
- Сглаживание — заострение.

Считается, что когнитивные стили — достаточно устойчивые образования, пронизывающие решение задач независимо от условий деятельности.

Наш интерес к проблеме когнитивных стилей не случаен и связан с рядом особенностей процедур по оценке стилевых показателей: их простоте, информативности, высокой степени формализации, возможности применяться многократно. Это позволяет в отдельных случаях использовать их в алгоритмах оптимизации систем связи оператора с техническим звеном в СЧМ.

В процессе решения познавательных задач человек проявляет свои способности к эффективной работе с информацией, её структурированием, порождением новых и нахождением точных решений и т.д. Эти когнитивные способности человека отражены в понятиях «креативность» и «интеллект».

Под «креативностью» понимают способность человека к творчеству, созданию новых продуктов деятельности, нестандартному мышлению и поведению, применению известных вещей и предметов в неочевидном смысле.

Креативность часто связывают с так называемым *дивергентным мышлением*. Отмечается большое значение функциональной асимметрии мозга и преобладающей деятельности правого полушария при решении творческих задач. Не обнаружено однозначных связей между способностями к творчеству и интеллектом. Человек с высоким интеллектом может быть совершенно беспомощен в решении творческих, например, изобретательских задач.

Дж. Гилфорд (Guilford J.P.) предложил кубическую модель структуры интеллекта, в которой выделяет четыре основных фактора креативности:

1. «Оригинальность» — способность продуцировать необычные ответы, давать отдалённые ассоциации.
2. «Семантическая гибкость» — способность выделить функцию объекта и предложить его новое использование.
3. «Образная адаптивная гибкость» — способность изменить форму объекта так, чтобы увидеть в нём новые возможности.
4. «Семантическая спонтанная гибкость» — способность продуцировать разнообразные идеи в свободной, без ограничений, ситуации.

Торрэнс (Torrance E.P.) считает креативностью способности к обострённому восприятию недостатков, пробелов в знаниях, недостающих элементов, дисгармонии.

«Креативные» лучше работают в условиях неопределённости, неполной информации. Это уверенные в себе, с чувством юмора, повышенным вниманием к своему «Я», желающие выделиться, энергичные, импульсивные, независимые, открытые к новому опыту люди.

Более сложные проявления креативности относят к *«творческому мышлению»*, выделяя четыре его стадии: подготовка, созревание, вдохновение и проверка истинности. Отмечают большей частью неосознаваемый характер получения творческого продукта.

В инженерной психологии категория креативность практически не используется, хотя она позволяет получить ряд результатов, улучшающих деятельность оператора в условиях частой смены вида работы и неопределённости.

Трудно встретить более понятное для всех и неопределённое в научном плане явление, чем интеллект. Большинство из нас связывают его с «количеством ума». Низкий интеллект означает, что мы рождены с «небольшим» умом, а высокий — что у нас высокий уровень развития. Однако не всё так однозначно, и можно лишь говорить о том, что люди различаются между собой

по своим возможностям, безошибочному восприятию и обработке информации, принятию правильных решений, способности быть осведомлёнными и сообразительными, что и составляет содержание этого понятия.

Наиболее формально точное определение в данном случае: интеллект — это то, что измеряют интеллектуальные тесты — группа задач с переменной сложностью, успехи в решении которых свидетельствуют о наличии или отсутствии ума. В таком определении интеллект сильно зависит от процедуры его измерения.

Существует ещё ряд популярных определений интеллекта:

- мыслительная способность человека, его умственное начало;
- общая способность к познанию и решению проблем, определяющая успешность любой деятельности и лежащая в основе других способностей;
- система всех познавательных способностей индивида;
- способность создавать алгоритм решения задачи;
- структурирование отношений между средой и организмом.

Интеллектуальные функции оператора в экстремальных условиях сильно ограничены, и техническая система должна быть спроектирована с учётом общего снижения требований к оператору.

4.3. Речевые коммуникации в операторской деятельности

Речь — исторически и социально сложившаяся форма общения людей посредством языка, основное средство выражения мышления, передачи информации о накопленном опыте.

До недавнего времени речевая коммуникация не играла большой роли в функционировании СЧМ. Однако в связи с непрерывным усложнением техники и появлением систем компьютерного анализа и синтеза речи, групповых видов деятельности возникла необходимость в учёте при проектировании СЧМ особенностей речевого общения человека, к которым относят:

- зависимость речевых сообщений от контекста;
- ситуационную обусловленность;

- эмоциональную насыщенность и значимость;
- семантическую неопределённость;
- личностную обусловленность.

Показано, что на разборчивость речи и её восприятие влияют не только технические характеристики канала передачи (полоса пропускания речевых частот, помехозащищённость, особенности артикуляции и т.д.), но и степень неизвестности — ожидаемости сообщения, смысл предложений, структура и локализация в пространстве источника речевого сообщения, время подачи сообщения, его темп, величина пауз.

Задачи, в решение которых включены высшие психические функции оператора, требуют решения вопросов не только об эффективной передаче речевого сообщения, но и их правильного субъективного восприятия и понимания. Речь имеет не только информирующие, но и установочные функции, настраивающие оператора на определённое реагирование.

Важно учитывать различие между *монологической* и *диалогической* речью. Первая выступает в форме приказаний, инструкций, справок и её основная задача — управление поведением оператора. Вторая имеет функции обмена информацией и важно обеспечить её взаимное однозначное понимание между корреспондентами. Поскольку речь является носителем индивидуальных смыслов, значений, каждое речевое сообщение приводит к возникновению в сознании воспринимающего субъекта целой гаммы образов и состояний, присущих данному конкретному человеку, и для взаимно однозначного понимания информации требуется согласование в форме диалога.

Большую роль в оптимизации общения операторов играют профессиональные термины — специфические слова, словесные сочетания и обороты, обеспечивающие однозначное максимально точное понимание смысла их содержания субъектами коммуникации. Термины обеспечивают *избыточность* информации, *конкретику* по отношению к выполняемой задаче, *полноту* описания.

Закономерности коммуникаций людей между собой в процессе жизнедеятельности изучает *социальная психология*, которая определяет особенности, формы, содержания, результатов, вида связи, влияния на процесс общения личностных и иных характеристик.

Коммуникабельность как свойство активно вступающих в общение людей в значительной мере биологически обусловлено, что должно учитываться при проектировании систем «человек — машина», связанных с групповой и индивидуальной деятельностью.

Эффективная групповая деятельность связана с «*психологической совместимостью*» операторов, для определения и создания которой используются специальные тестовые и аппаратные методы — социогаммы, анкеты, психологический тренинг, дискуссии, мозговой штурм, ролевые игры.

Большую роль играет *деловой этикет*: предписанная система правил общения и поведения, принятая в данной профессиональной среде. Необходимо учитывать возникновение *защитных реакций* личности, влекущих к утаиванию значимой для деятельности информации, её искажению, неправильному толкованию.

4.4. Механизмы регуляции деятельности человека

Человек попадает в самые различные ситуации, решает задачи разумного поведения в сложной среде. В кибернетическом плане можно говорить о нём как о самоорганизующейся системе, обладающей механизмами регулирования, реализующей программы жизнедеятельности, сохранения организма и продолжения рода. Человек очень эффективен и экономичен. Он оптимально решает задачи целенаправленного перемещения в пространстве, избегает условий, ведущих к разрушению организма, своевременно восстанавливает свои энергетические возможности. Всё это происходит благодаря существованию у человека механизмов психической регуляции. Рассмотрим особенности некоторых из них в форме психологических описаний.

4.4.1. Внимание

Это регулятивный психический процесс, заключающийся в активном целенаправленном (не всегда осознанном) переносе психической активности на те или иные элементы и аспекты деятельности.

Внимание, как и память, является сквозным психическим феноменом, пронизывающим все психические процессы в человеке. Основные характеристики внимания — избирательность, объём, переключаемость, направленность, устойчивость, концентрация, распределение. Выделяют произвольное внимание, подверженное сознательной волевой регуляции, и непроизвольное, обусловленное новизной, физической интенсивностью, контрастностью, значением объекта для личности.

Основные функции внимания — правильное распределение психофизиологических ресурсов человека при решении задач деятельности.

Понятие внимания связано с понятием **«субъективной сложности»** задачи, возникающим при работе оператора в режимах, близких к психофизиологическим ограничениям по скорости, объёму перерабатываемой информации, жизненной значимости результатов деятельности.

Внимание составляет основу операторской деятельности, в значительной мере определяя её качество и безошибочность.

4.4.2. Личность и личностная регуляция

Интеграция психических свойств человека, его включение в систему общественных отношений приводит к появлению сложного психологического образования, выраженного в термине **«личность»**. До сих пор нет общепринятых определений этого понятия. Чаще всего в него вкладывается сумма социо-биологически сформированных отношений и свойств: темперамент, характер, направленность (мотивация) и способности. Отмечена важность внутренних регуляторных механизмов личности — самосознания, образов «Я», самооценки и самоуважения.

Темперамент (лат. «*Temperamentum*» — надлежащее соотношение черт от «*tempero*» — смешиваю в надлежащем соотношении) — характеристика индивида со стороны динамических особенностей его психической деятельности, её темпа, быстроты, ритма, интенсивности. Темперамент обусловлен большей частью биологическими причинами — свойствами нервной системы, наследственностью.

В структуру темперамента входят различные формально-динамические свойства человека. Так, одна из известных — восьми-мерная модель структуры темперамента В.М. Русалова содержит два различных аспекта темперамента: предметно-деятельностный и коммуникативный. В соответствии с этим выделяются: предметная эргичность (выносливость), социальная эргичность, пластичность, социальная пластичность, скорость или темп, социальный темп, эмоциональность, социальная эмоциональность.

«*Предметная эргичность*» определяет жажду деятельности, стремление к физическому и умственному труду, степень вовлечённости в трудовую деятельность.

«*Социальная эргичность*» отражает уровень потребности в социальных контактах, желание освоить социальные формы деятельности, стремление к лидерству, общительности.

«*Пластичность*» свидетельствует о лёгкости (трудности) переключения с одного предмета деятельности на другой, о быстроте перехода с одних способов мышления на другие, о стремлении к разнообразию форм предметной деятельности.

«*Социальная пластичность*» показывает степень лёгкости (трудности) переключения в процессе общения от одного человека к другому и разнообразию неосознанных, импульсивных форм поведения при социальном контакте.

«*Скорость или темп*» определяет скорость выполнения отдельных операций, быстроту двигательного-моторных актов при выполнении предметных действий.

«*Социальный темп*» показывает скорость речи при общении.

«*Эмоциональность*» выражает эмоциональную чувствительность человека к несовпадению между задуманным и реальными результатами.

«*Социальная эмоциональность*» охватывает сферу чувствительности в коммуникационной сфере — чувствительность к неудачам в общении, оценкам окружающих людей.

Наиболее древнее из известных психологических описаний свойств темперамента — классификация Галена — Гиппократа.

В нём выделяется четыре типа темпераментов: сангвинический, меланхолический, холерический, флегматический.

Существует ряд классификаций темперамента, основанных на анализе особенностей строения тела. Так, Э. Кречмер (Kretschmer) выделяет «астенический», «атлетический» и «пикнический» типы характера с присущими им «циклоидным» и «шизоидным» темпераментами. У. Шелдон (Sheldon) выделил первичные компоненты темперамента, назвав их «висцеротония», «соматотония», «церебротония». Каждый компонент темперамента определялся по 20 чертам, а индивиду присваивался свой индекс темперамента. Ян Стреляу предложил семифакторную структуру темперамента, в которую включены:

«живость»: обнаруживается в скорости реакции человека на стимулы и в типе осуществления той или иной деятельности, проявляется в двигательных реакциях на неожиданные события, в темпе движений, речи;

«упорство»: обнаруживается в продолжительности поведения (настойчивости), в числе повторяющихся поведенческих реакций после прекращения действия стимула, в длительности эмоциональных состояний, в существовании вербальных (словесных) или двигательных стереотипов;

«подвижность»: проявляется в способности быстро и адекватно реагировать на изменение стимулов;

«сенсорная чувствительность»: обнаруживается в способности реагировать на стимулы очень низкой стимулирующей силы; выражается в основном в реакциях на тактильные, обонятельные и визуальные стимулы;

«выносливость»: проявляется в способности адекватно реагировать в ситуациях, требующих продолжительной или высоко стимулирующей активности и в условиях интенсивной внешней стимуляции (физического дискомфорта, шума, болезненных стимулов и т.п.);

«активность»: проявляется в желании предпринимать действия с высоким стимулирующим значением или действия, обеспечивающие сильную стимуляцию извне (например, рискованные действия, вовлечение в социальную активность, поиск нового опыта);

«эмоциональная реактивность»: проявляется в интенсивности эмоциональных реакций на стимулы.

В многочисленных исследованиях показана тесная связь между профессиональной успешностью и свойствами темперамента операторов, которые необходимо учитывать при создании СЧМ. Особенно большую роль играют свойства темперамента в деятельности, связанной с экстремальными условиями дефицита времени и угрозы жизни.

Под направленностью личности понимается динамическая система установок и тенденций, потребностей и мотивов, интересов и идеалов человека, находящихся в сложных, в том числе иерархичных, связях и отношениях, ведущая к ответу на вопрос: «Чего хочет человек, что для него привлекательно, к чему он стремится?».

Направленность отражает работу специфической системы, организующей всю психологическую картину личности, придающей ей целостный облик.

Порождается личностная мотивационно-смысловая структура, базис которой составляет совокупность потребностей и мотивов, побуждающих человека к определённой активной деятельности. Теория мотивации определяет ответ на вопрос «Почему человек берётся за данную деятельность, в чём цель его деятельности?». Введены понятия «побуждение», «импульс», «цель», «потребность», «мотив» и т.п. Мотивационные влияния проявляются во всех принимаемых решениях. «Мотив» понимается как врождённая потребность; состояние депривации (лишения); нарушение внутреннего равновесия или равновесия с окружающей средой; осознанное стремление к определённому типу удовлетворения; стремление к чему-либо или избегание чего-либо; стремление к получению новой информации о собственных способностях и компетентности; высокообобщённое содержание класса событий, реализация которых представляет для операторов личный интерес.

Отдельно выделяют «социальные мотивы»: стремление к общению, власть, помощь, агрессия, мотив достижения. Рассматривают иерархию потребностей: физиологические, безопасности, самосохранения, социальные, эгоистические и самоутверждения.

Алдерфер (Alderfer C.P.) ввёл следующие группы потребностей:

- «Экзистенциальные»: должны быть удовлетворены для безопасного выживания.
- Потребности «в установлении связей»: это мотивы, выражающие чувство близости с другими людьми и внимание к себе с их стороны, потребности в контакте.
- Потребности «развития»: выражают стремление человека к созданию и внесению новизны в ситуацию, в которой он находится.

Как использовать направленность и теорию мотивации в инженерно-психологическом проектировании и разработках техники, не совсем ясно, но её влияние на принятие решения выделено и представляет интерес при решении задач обеспечения мотивации к решению оперативных задач и в профессиональном обучении.

Характер — это индивидуальное сочетание психологических особенностей человека, проявляющееся в виде типичного, присущего данному человеку способа поведения в повторяющихся жизненных ситуациях.

Характер человека формируется в конкретных социальных условиях и зависит от культурной среды, обстоятельств жизни, трудовых и семейных обязанностей и т.д. Характер формируется на базе темперамента, который определяет его своеобразие и неповторимость. Описание характера связывают с «чертами характера», в которых выражается система отношений человека к действительности, к другим людям, самому себе. Особое значение для деятельности человека в экстремальных условиях имеют волевые черты: целеустремлённость, настойчивость, решительность, самообладание, мужество, смелость.

На базе обобщения черт формируются описания типов характера. Различают так называемые патологические типы характера: сочетания отрицательных черт, а лиц, ими обладающих, называют «акцентуированными личностями». Аномалии характера, связанные с нарушениями в эмоционально-волевой сфере, называют «психопатиями». Обычно выделяют четыре их вида:

- «стенический»: повышенная раздражительность в сочетании с быстрой истощаемостью;
- «возбудимый»: неадекватная эмоциональная реакция на внешние раздражители, склонность к бурным вспышкам гнева, агрессии;

- «истерический»: повышенная эмоциональная подвижность, впечатлительность, внушаемость, эгоцентризм;
- «паранойяльный»: повышенная подозрительность, недоверчивость, высокая самооценка, склонность к сверхценным идеям.

При отборе на работу в СЧМ и особенно связанные с ответственностью и угрозой жизни профессии следует исключать возможность допуска лиц с психопатическими и психопатологическими чертами характера. Это осуществляется в системах профессионального отбора при использовании процедур психологического тестирования.

Способности — это совокупность свойств личности, определяющая успешность обучения какой-либо деятельности и совершенствования в ней. Способности отражают системные интегральные возможности личности, проявляющиеся при достижении тех или иных результатов. Это потенциал человека, который в той или иной мере определяется степенью соответствия его возможностей требованиям деятельности. Способности становятся базисом для формирования *профессионально-важных качеств* (ПВК), вид и содержание которых определяются требованиями конкретной профессии. Способности имеют более широкий, системный и универсальный характер, чем профессионально-важные качества. Структура способностей определяет зону регуляторных свойств личности, проявляющихся в деятельности. Личность, зная границы своих способностей, формирует в соответствии с ними направления своего развития, уровень притязаний и зону деятельности. Способности развиваются в деятельности и служат инструментом для формирования профессионального и личного опыта человека. В понятие «опыт» включены события жизни, оказавшие влияние на формирование личности, её инструментально-профессионального содержания.

4.4.3. Механизмы суггестивно-волевой регуляции

Воля — способность человека действовать, чтобы достичь сознательно поставленную цель, преодолевая при этом внутренние препятствия, возникающие под влиянием двух противоположно направленных тенденций, одна из которых обусловлена побуждением, а другая — значимой для человека целью. Проще говоря, это способность действовать в соответствии с целями, подавляя непосредственные желания и стремления.

Воля реализуется в акте «волевой регуляции» — сознательном создании состояния оптимальной мобилизованности, активности, концентрации в нужном направлении. При этом проявляются волевые качества — энергичность, терпеливость и выдержка.

«Энергичность» — способность волевым усилием поднимать активность до необходимого уровня.

«Терпеливость» — способность поддерживать с помощью волевого дополнительного усилия напряжённость работы на заданном уровне при возникновении внутренних условий, препятствующих этому (при утомлении, гипоксии и т.д.).

«Выдержка» — способность волевым усилием ослаблять излишнюю активированность, сдерживать и подавлять ненужные в данный момент чувства, мысли и привычки.

Обеспечение функционирования психики в опасной ситуации обеспечивается «смелостью».

«Решительность» — способность человека быстро принимать решение и приступать к его осуществлению в значимой для него ситуации, при наличии неуверенности и боязни.

Существует ряд системных, включающих проявления других сфер психики волевых свойств: настойчивость, дисциплинированность, самостоятельность, целеустремлённость, инициативность, организованность.

Волевым качествам часто противопоставляют «суггестивные качества», отражающие процесс внушения — подсознательно-го восприятия человеком информации из окружающего мира без критического осмысления с её последующим использованием в деятельности. Внушение проявляется в свойстве субъекта быть податливым воздействиям окружающих людей, советам и указаниям других — внушаемости. Внушаемые люди легко заражаются настроениями и привычками других. Внушаемость может принимать форму «самовнушения». Степень внушаемости — это ситуативная переменная, она зависит от очень большого числа факторов, как внешних, так и внутренних. К ним относятся: возраст, пол, тип нервной деятельности, неопределённость ситуации, стресс и т.п.

Воздействие на внушаемого человека специальными физическими (свет, пассы, фиксация зрения), психологическими (речевая коммуникация) и установочными факторами ведёт к развитию «изменённого состояния сознания». Оно часто демонстрируется на «гипнотических» сеансах. В этом состоянии нарушено нормальное функционирование адаптивных и конструирующих механизмов сознания, что ведёт к трансформации личности. Свойство человека впадать в гипнотические состояния называется гипнабельностью. Несмотря на внешнюю похожесть, гипнабельность и внушаемость — это разные свойства. Гипнабельность относится к физиологическим, а внушаемость — к психологическим механизмам.

Внушённые состояния и гипнотические фазы могут возникать у операторов СЧМ самопроизвольно при деятельности в условиях «монотонии», невысоких уровнях освещения, бликующих элементах на пультах, неопределённости подаваемой информации.

При проектировании человеко-машинных систем важно предусмотреть меры по исключению гипнотических состояний операторов. Для этого используются организационные и проектировочные решения, обеспечиваются научно обоснованные условия труда и отдыха операторов. Проектировочные решения рабочего места оператора включают анализ алгоритмов и средств индикации для предотвращения монотонии и утомления органов зрения и слуха, ведущих к изменённым состояниям сознания.

4.4.4. Эмоции в регуляции деятельности. Функциональные состояния

Поведение человека в физическом мире сопровождается преобразованиями информации и энергии в различных формах, которые осуществляются особыми контурами регулирования организма, ведущими к оптимальному расходу энергии, мобилизации сил при достижении целей деятельности, решению задач самосохранения. К таким системам относятся механизмы эмоционально-волевой регуляции и сопровождающие их функциональные психофизиологические состояния организма.

Эмоции (от лат. возбуждать, волновать) — особый класс субъективных психических явлений, представленных субъекту в непосредственном виде, отражающих в форме приятных или непри-

ятных переживаний и ощущений отношения человека к физическим и социальным мирам, процессам и результатам его практической деятельности.

Деятельность человека всегда сопровождается определёнными эмоциями и эмоциональными состояниями различной степени выраженности. К классу эмоций относятся настроения, чувства, аффекты, страсти, стрессы. Это так называемые чистые эмоции. Они включены во все психические процессы и состояния человека. Эмоции отражают, формируют и сопровождают физиологическое состояние организма в тот или иной момент жизни и определяют эмоционально-оценочную реакцию человека на ту или иную ситуацию. В эмоциях одновременно содержатся информационная компонента в виде эмоциональной оценки и активационная компонента в форме энергетической реакции организма. Эмоция перестраивает организм человека в требуемом направлении, обеспечивая его адекватное состояние. Эмоционально-экспрессивные движения человека — мимика, жесты, пантомимика — выполняют функцию общения и передачи его отношения к происходящему в данный момент, а также функцию воздействия — оказания определённого влияния на того, кто является субъектом восприятия этих движений. Интерпретация таких движений воспринимающим человеком обусловлена контекстом, в котором идёт общение.

Психологически понятие «состояние» не достаточно определено и применяется в основном для обозначения системной реакции организма на те или иные воздействия окружающих (в том числе социальных) и профессиональных сред, направленные на достижение полезного результата. В эргономике иногда применяется близкое по содержанию понятие «праксическое состояние» — состояние, возникающее и сопровождающее рабочую деятельность человека. К праксическим относят состояния функционального комфорта, психического утомления, психического напряжения, отсутствия мотивации, эмоционального стресса, монотонии, тревожности, индифферентности.

«Функциональное состояние» — комплекс наличных характеристик тех функций и качеств человека, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение деятельности.

Выделяют две группы функциональных психических состояний, негативно влияющих на деятельность человека — «стресс и утом-

ление». Разные уровни стресса отражены в понятиях психической напряжённости, эмоциональной напряжённости, реакции тревоги.

Под «утомлением» понимают временное снижение работоспособности под влиянием длительного воздействия нагрузки. Выделяют физическое и умственное утомление, острое и хроническое, мышечное, сенсорное, интеллектуальное и т.п.

Стресс определяет на физиологическом, психологическом и поведенческом уровнях особенности состояния и поведения индивида в «экстремальных условиях».

«Физиологический стресс» определён канадским физиологом Г. Селье (H. Selye) в связи с общим адаптационным синдромом, проявляющимся в виде неспецифической (не зависящей от вида стимулов) реакции организма человека на внешние воздействия.

«Психический стресс» возникает при действии «психических стрессоров», к которым относятся значения элементов ситуации, ощущаемые и переживаемые субъектом как источник дискомфорта. В.Д. Небылицин выделяет внешние и внутренние факторы стрессорности. «Внешние стрессоры» определяются:

- видом воздействия, его содержательными специфическими особенностями;
- продолжительностью воздействия;
- интенсивностью;
- объективной трудностью работы или достижения цели;
- дефицитом информации или неопределённостью возможных исходов;
- ограниченностью времени достижения цели;
- физическими, микроклиматическими, гигиеническими и другими экологическими факторами, препятствующими деятельности.

Эффективность действия стрессоров на психику человека опосредуется «внутренними» факторами, к которым относятся:

- субъективное значение воздействий;
- особенности предшествующего опыта деятельности в аналогичных условиях;
- уровень развития специфической и неспецифической адаптации, здоровья, выносливости, тренированности, степени развития навыков и умений действовать в данных условиях;

- особенности человека — индивидуальная выносливость и диапазон функциональных возможностей отдельных систем;
- степень готовности к деятельности в данных условиях;
- отношение к деятельности, мотивы и степень стремления к достижению цели, волевые качества личности.

Психический стресс сопровождается изменениями функций внимания, памяти, логического мышления, психомоторики. Избирательно перераспределяются ресурсы организма — те функции, значение которых для деятельности велико, сохраняются и поддерживаются за счёт менее важных функций. В стрессе по мере его развития страдают, прежде всего, более поздние по времени формирования психические структуры человека, связанные с интеллектуальными функциями, мышлением и принятием решения.

Практический аспект изучения функциональных состояний состоит в решении вопросов обеспечения деятельности человека в широком диапазоне действующих на него факторов окружающей среды.

Оптимизация функциональных состояний в инженерной психологии, психологии труда и эргономике осуществляется путём:

- рационализации процесса труда (внедрение оптимальных темпа и алгоритмов деятельности);
- усовершенствования орудий и средств труда в соответствии с психофизиологическими особенностями человека;
- рациональной организации и оптимизации рабочих мест и производственной среды;
- оптимизации режимов труда и отдыха;
- нормализации условий работы;
- создания благоприятного социально-психологического климата в коллективе, повышения материальной и моральной заинтересованности работников, формирования дисциплины труда.



Контрольные вопросы по главе

1. В чём состоит основная задача психики человека как системы регулирования и управления?
2. Назовите анализаторные системы человека.
3. Что такое рецептор и его функции?
4. Назовите общие составные части анализаторной системы.

5. Приведите примеры экстерорецепторов.
6. Как осуществляется перенос информации об окружающей среде в психику человека?
7. Чем обеспечивается избирательность восприятия информации из окружающей среды?
8. Что включает в себя периферический отдел зрительного анализатора?
9. Чем обеспечивается бинокулярное зрение?
10. Что обеспечивает цветное зрение у человека?
11. Ощущение какого цвета вызывают электромагнитные волны с длиной волны 920 нм?
12. В чём заключается эффект Пуркинье?
13. Какие цвета наиболее точно различаются глазом?
14. Назовите три наиболее контрастных соотношения цветов.
15. Что такое КЧСМ и чем она обусловлена?
16. Что такое острота зрения?
17. Назовите время темновой адаптации.
18. Чему равна величина общего поля зрения человека?
19. Чему равна максимальная пропускная способность зрительного анализатора?
20. Что такое последовательные образы?
21. Что такое свет?
22. Что такое звук?
23. Что такое бинауральный эффект?
24. Что такое порог болевого ощущения звука?
25. Из чего состоит слуховой анализатор?
26. Что такое эффект маскировки звука?
27. Что такое тембр звука?
28. Что такое форманта?
29. Что такое критическая частота слияния звуков и от чего она зависит?
30. Какие виды ощущений обеспечивает кожный анализатор?
31. Назовите виды рецепторов кинестетического анализатора.
32. Назовите основные запахи, воспринимаемые человеком.
33. Назовите условия восприятия запахов.
34. Назовите основные вкусовые ощущения.
35. Что такое вкусовая адаптация?
36. Что такое контекстуальная зависимость в деятельности анализаторных систем?
37. Что такое психическое отражение?
38. Что такое восприятие?
39. Назовите основные свойства восприятия.
40. Что такое представление, его отличия от восприятия?
41. Что такое оперативная память?

42. Опишите свойства декларативной памяти.
43. Что такое процедурная память?
44. Опишите процесс мышления и основные реализуемые в нём функции психики.
45. Назовите основные компоненты оперативного мышления.
46. Что такое речь?
47. Что такое язык?
48. Перечислите особенности речевого общения человека в СЧМ.
49. Что такое семантическая неопределённость речи?
50. Что общего и различного между монологической и диалогической речью?
51. Назовите требования, которым должны отвечать профессиональные термины.
52. Кто такие «экстраверты» и «интроверты»?
53. Что такое психологическая совместимость?
54. Что такое деловой этикет?
55. В чём специфика понятия «интеллект»?
56. Что такое «креативность»?
57. Назовите основные факторы креативности по Гилфорду.
58. Что такое когнитивный стиль?
59. Перечислите основные виды когнитивных стилей.
60. Где в СЧМ можно применять процедуры оценки когнитивных стилей?
61. Назовите стадии творческого мышления.
62. Назовите основные черты творческих людей.
63. Проанализируйте фразу «мозг хорошо устроенный лучше, чем мозг хорошо наполненный».
64. Как преобразуется информация из внешнего мира во внутренний мир субъекта?
65. Почему человек легко ориентируется в мире, обладая сенсорной сферой с небольшой пропускной способностью анализаторных систем?
66. От чего зависит степень внушаемости?
67. Что такое изменённое состояние сознания? Каковы методы его создания?
68. Что такое гипноз?
69. Чем отличается гипнабельность от внушаемости?
70. Что такое темперамент и чем он отличается от характера?
71. Что такое социальная пластичность?
72. Опишите основные черты сангвиников.
73. Что такое личность?
74. Какие типы и черты темперамента выделяли Кречмер, Стрелая, Шелдон?
75. Что такое черты характера?
76. Что такое функциональное состояние?

77. Что такое функциональный стресс?
78. Назовите примеры стрессогенных факторов.
79. В чём смысл изменения структуры психических функций в стрессе?
80. Что такое мотивация?
81. Что такое мотив?
82. Дайте классификацию потребностей по Алдерферу.
83. Дайте определение понятия «воля».
84. Приведите пример эмоционально-волевого качества.
85. Назовите положительные и отрицательные эмоции и эмоциональные состояния.
86. Чем отличаются практические состояния от функциональных состояний?
87. Назовите методы создания оптимальных рабочих функциональных состояний.

Темы для групповой дискуссии

1. Свяжите психические свойства человека с особенностями, возникающими в системе «человек — машина» при работе в ней операторов с разными психическими свойствами.
2. Разработайте принципы конструирования рабочего места оператора, включающие влияние на деятельность оператора суггестивных факторов.
3. Как обеспечить эффективность людей с разными типами темперамента в операторской деятельности экипажа подводной лодки?
4. Роль эмоций в операторской деятельности.
5. Чем отличаются функциональные состояния от эмоциональных состояний?
6. Какими методами можно оптимизировать состояние человека, работающего на конвейере?

Литература

1. Ломов Б.Ф. Человек и техника. М.: Советское радио, 1966. С. 107–167.
2. Эргономика зрительной деятельности человека / В.В. Волков, А.В. Луи-зов, Б.В. Овчинников, Н.П. Травникова. Л.: Машиностроение, 1989. С. 5–53.
3. Справочник по инженерной психологии / Под ред. Б.Ф. Ломова. М.: Машиностроение, 1982. С. 50–83.
4. Соколова Е.Т. Мотивация и восприятие в норме и патологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976.
5. Холодная М.А. Когнитивные стили: О природе индивидуального ума. 2-е изд. СПб.: Питер, 2004.

6. Холодная М.А. Когнитивные стили и интеллектуальные способности // Психологический журнал, 1992. Т. 13, № 3. С. 84–93.
7. Когнитивные стили / Под ред. В.А. Колги. Таллин, 1986.
8. Колга В.А. Дифференциально-психологическое исследование когнитивного стиля и обучаемости: Дис... канд. психол. наук. Л., 1976.
9. Хрестоматия по общей психологии. Психология мышления / Под ред. Ю.Б. Гиппенрейтер, В.В. Петухова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. С. 255–305.
10. Айзенк Г.Ю. Проверьте свои способности. Кишинев: Гриф, 1992. С. 5–9.
11. Леонтьев А.А. Психология общения. Тарту, 1974.
12. Леонтьев А.А. Что такое язык. М., 1976.
13. Веккер Л.М. Психические процессы. Том 3. Л.: Изд-во ЛГУ, 1981. С. 199–285.
14. Зинченко Т.П. Память в экспериментальной и когнитивной психологии. СПб.: Питер, 2002.
15. Зинченко Т.П. Опознание и кодирование. Л.: Изд-во ЛГУ, 1981.
16. Русалов В.М. Опыт построения опросника для оценки индивидуально-психологических характеристик темперамента // В сб. Социально-психологические и нравственные аспекты изучения личности. М., 1988. С. 89–94.
17. Психология индивидуальных различий. Тексты / Под ред. Ю.Б. Гиппенрейтер, В.Я. Романова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. С. 129–160.
18. Калинин В.К. Воля, эмоции, интеллект // Эмоционально-волевая регуляция поведения и деятельности. Тезисы Всесоюзной конференции молодых учёных. Симферополь, 1983. С. 171–181.
19. Леонова А.Б., Медведев В.И. Функциональные состояния человека в трудовой деятельности. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. С. 5–73.
20. Немчин Т.А. Состояния нервно-психического напряжения. Л.: Изд-во ЛГУ, 1983.
21. Хойос К. Мотивация // Человеческий фактор. В 6 т. Т. 1. Эргономика — комплексная научно-техническая дисциплина: Пер. с англ. / Ж. Кристенсен, Д. Мейстер, П. Фоули и др. М.: Мир, 1991. С. 268–294.
22. Голубева Э.А. Способности и индивидуальность. М.: Прометей, 1993. С. 62–88.
23. Стреляу Я. Местоположение регулятивной теории темперамента (РТТ) среди других теорий темперамента // Иностранная психология, Т. 1. 1993. № 2. С. 37–48.
24. Ильин Е.П. Мотивация и мотивы. СПб.: Питер, 2002.

5

глава

ЧЕЛОВЕК КАК ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА. ПСИХОМОТОРНЫЕ КАЧЕСТВА ЧЕЛОВЕКА

В предыдущих главах мы анализировали процессы приёма и переработки информации человеком, особенности возникновения регулирующих процессов на разных уровнях функционирования психики. Рассмотрим характеристики исполнительной системы человека.

5.1. Антропометрические характеристики

Эти характеристики включают размеры тела человека и его отдельных частей. Являются случайными величинами, подчинёнными нормальному закону распределения. Различают статические и динамические антропометрические характеристики. Первые используются для установления размеров и параметров рабочего места оператора, а вторые — для определения объёма рабочих движений, зон досягаемости и видимости, создания биомеханических моделей человека.

При проектировании используются в основном справочные данные, таблицы и модели — манекены.

5.2. Биомеханические характеристики

Описывают характеристики человеческого тела в терминах механики. Используются аналогии для анализа параметров тела:

кости — структурные члены, центральные оси, плечи рычагов;
тело — объёмы, массивы;
суставы — несущие поверхности и сочленения;
суставная жидкость — смазка;
мышцы — моторы, амортизаторы или фиксаторы;
нервы — схемы управления и обратной связи;
органы — генераторы, потребители;
сухожилия — тросы, передающие силы тяги;
ткань — эластичные, несущие нагрузку поверхности и пружины.

При инженерно-психологическом рассмотрении биомеханических систем используются физико-математические модели, включающие кинематические цепи, динамические особенности взаимодействия мышц и скелета, особенности позы человека — оператора, распределения нагрузок во время выполнения рабочих и управляющих движений. Биомеханический анализ позволяет определить оптимальные соотношения, дающие возможность выполнять рабочие движения с минимальными затратами энергии.

5.3. Рабочие движения оператора. Сенсомоторная регуляция

Любая профессиональная деятельность осуществляется в форме моторных действий руками: эти действия представляют собой сложно координированную деятельность, в которую вовлечены практически все системы организма. Дистальные части руки не ограничены в формировании различных траекторий перемещений в пространстве. Кисть по отношению к плечевому поясу имеет семь степеней свободы, по отношению к грудной клетке — 16 степеней свободы, а по отношению к опоре (столам) — около 30. Это обеспечивает «безграничную» свободу перемещений дистальных частей руки: они могут перемещаться по любым траекториям, словно не имеют никакой связи с туловищем.

Любое управляющее действие человека состоит из «микродвижений», корректируемых и осуществляемых под контролем

центральных механизмов регуляции мозга. Действие не воспроизводится, а «строится» в процессе своего выполнения, поэтому его нельзя повторить в пространстве, а можно лишь создать новое действие, близкое по целям и структуре ранее выполненному.

Движения, возникающие при решении двигательной задачи, разделяют на три группы:

- «рабочие или исполнительные», с помощью которых осуществляется воздействие на орган управления;
- «гностические», направленные на познание объекта. К ним относятся осязательные, осязающие, измерительные и другие движения;
- «приспособительные», состоящие из установочных, уравновешивающих и других движений.

Рабочие движения оператора осуществляются в пределах моторного поля — части рабочего места, на которой расположены органы управления.

Исполнительные рабочие движения (операции) по назначению органов управления разделяют на:

- операции включения, выключения и переключения. Их основная характеристика — время реакции;
- выполнение последовательного ряда повторяющихся движений при операциях кодирования и передачи информации. Их характеристики — темп и ритм движений;
- манипуляционные, связанные с дозированием движений по силовым, пространственным и временным параметрам. Используются при настройке аппаратуры и точной установке управляемого объекта. Основным параметром — точность дозирования реакций;
- операции сенсомоторного слежения. Заключаются в непрерывном решении задачи согласования положения управляемого объекта в пространстве с перемещающимся объектом — целью.

Большинство управляющих движений выполняется после восприятия и анализа информации в сенсомоторных системах, включающих совместную деятельность анализаторных, воспринимающих органов и исполнительных движений. Различают три типа сенсомоторных реакций:

простая сенсомоторная реакция;
сложная сенсомоторная реакция;
реакция на движущийся объект в формах компенсаторного и преследующего слежения.

Простая сенсомоторная реакция заключается в ответе заранее известным способом (например, нажатием на кнопку) на внезапно появляющийся, но заранее известный сигнал. Время реагирования складывается из латентного (скрытого, связанного с обработкой сигнала в нервной системе) и времени моторного акта. Латентное время реакции зависит от вида воздействия и составляет:

- на световое раздражение — 0,16–0,18 с;
- на слуховое — 0,14–0,16 с;
- на болевое раздражение:
электрокожное — 0,10–0,12 с;
- тепловое — 0,36–0,40 с;
- на обонятельное воздействие паров пахучего вещества:
линолеума — 0,70–0,80 с;
- древесно-стружечных плит — 0,90–1,00 с.

Время моторного акта зависит от вида и траектории движения.

Сложная сенсомоторная реакция включает задачу выбора. Каждому из входных сигналов соответствует определённое действие, например, нажатие тумблера. Время реакции при этом является функцией, зависящей от сложности выбора, количества поступающей оператору информации, направления и формы движений, предыдущего опыта оператора.

Повторяющиеся движения зависят от их темпа. Максимальный темп при ударах пальцем составляет для мизинца — 48–56; безымянного — 57–62; среднего — 63–69; указательного — 66–70 ударов за 15 секунд. Максимальный темп нажимных ударов для ведущей руки составляет 6,68 нажима /с, для неведущей — 5,3 нажима/с.

При высоком темпе сигналов, следующих один за другим, возникает явление «психического блока», проявляющееся в пропуске сигналов и появлении реакций с большим латентным временем.

Вращательные движения рук зависят от направления поворота и совершаются быстрее при повороте правой рукой направо, чем при повороте налево.

Задачи слежения заключаются в удержании с помощью органов управления движущегося объекта на заданной траектории или его совмещении с другим движущимся объектом.

Различают «компенсаторное» и «преследующее» слежение. Первое заключается в восприятии оператором разности между входным и выходным сигналами и сведении её к нулю, а второе — при восприятии оператором всего хода изменений и сведении разностной ошибки к нулю.

Эффективность решения задач слежения зависит от вида реагирования системы слежения. Выделяют «позиционное слежение», «слежение по скорости», «слежение по ускорению».

Оператор при решении задач слежения рассматривается как звено в системе управления. Основным параметром, определяющим возможности системы с непрерывным управлением, является полоса пропускания, которая составляет для человека ~ 1Гц.

При проектировании систем, включающих задачи слежения, необходимо учитывать наличие ограничений в деятельности оператора, возникающих вследствие его невысокой пропускной способности и задержек в биомеханических системах. Квалифицированное управление и слежение должны использовать имеющиеся у человека механизмы предвидения и предвосхищения динамики движения объекта и поведения управляемой системы.



Контрольные вопросы по главе

1. Чем обеспечивается разнообразие исполнительных движений человека?
2. Можно ли повторить однажды произведённое действие?
3. Что такое гностические движения? Приведите их примеры.
4. Как различают двигательные задачи по назначению органов управления?
5. Назовите типы сенсомоторных реакций.
6. Что такое латентный период?
7. Какими пальцами можно достигнуть максимального темпа ударов?
8. В чём заключается явление «психического блока»?
9. Объясните разницу между компенсаторным и преследующим слежением.

10. Что такое позиционное слежение?
11. Какие особенности человека — оператора нужно учитывать при проектировании систем слежения?
12. Что такое динамические антропометрические характеристики?
13. Назовите биомеханические аналогии частей тела: костей, органов, тканей?
14. Что включают в биомеханическую модель человека — оператора?

Темы для групповой дискуссии

1. Существуют ли универсальные органы управления? Проанализируйте органы управления системами слежения по степени их надёжности для деятельности в условиях стресса.
2. Разработайте биомеханическую модель человека.

Литература

1. Ломов Б.Ф. Человек и техника. М.: Сов. Радио, 1966. С. 362–403. Справочник по инженерной психологии / Под ред. Б.Ф. Ломова. М.: Машиностроение, 1982. С. 94–127.
2. Человеческий фактор. В 6-ти т. Т. 5. Эргономические основы проектирования рабочих мест: Пер. с англ. / К. Кремер, Д. Чэффин, М. Айюб и др. М.: Мир, 1992. С. 5–76.
3. Цибулевский И.Е. Человек как звено следящей системы. М.: Наука, 1981.

Интеграция в единое поведение отдельных свойств психофизиологической и психологической структур человека, рассмотренных нами ранее, требует введения более обобщённых категорий. Центральная из них — категория «деятельность», понимаемая как активное взаимодействие с миром, в котором человек выступает как субъект (носитель сознания), целенаправленно воздействующий на объект с целью удовлетворения своих потребностей.

Деятельность в эргономике выступает в качестве предмета объективного научного изучения, предмета управления, проектирования, оценки труда и средств труда оператора. Выделяются цель, средство труда и результат деятельности, придающие ей целенаправленное созидательное направление.

Нас интересует деятельность операторская, протекающая в виде процесса достижения поставленных перед системой «человек — машина» целей, состоящая из упорядоченной совокупности действий человека — оператора и имеющая в своей основе временную развёртку перцептивных, мыслительных, мнемических и моторных процессов.

Деятельность реализуется в виде плана действий по достижению цели деятельности. Действия подчинены представлению о промежуточном результате. Одна и та же деятельность может осуществляться посредством различных действий. Конкретный способ выполнения действия называется операцией. В неё включено функциональное содержание, информативные признаки, и она имеет определённую структуру. Деятельность осуществляется в структуре отношений: мотив — деятельность; цель — действие; функциональное свойство — условие; предметное свойство — функциональный блок.

6.1. Психологический анализ деятельности

Деятельность оператора всегда исходит из тех или иных мотивов и направлена на достижение некоторой цели. Основными психологическими составляющими операторской деятельности являются образ — цель, оперативный образ, прогнозирование хода событий, принятие решения, план (программа) действий, восприятие информации об их результатах (обратная связь).

При разработке СЧМ важно учитывать не только характеристики отдельных систем организма, но и структуру операторской деятельности в целом.

Психологический анализ деятельности начинается с описания профессии, осуществляемого профессиографическими методами (методами описания профессии), которые позволяют:

- установить соотношение между требованиями профессии и способностями человека;
- оценить возможный успех той или иной личности в данной профессии;
- оценить потребность в профессиональном отборе на данную профессию;
- построить модели, на базе которых возможен синтез реальной деятельности.

Профессиография использует методы и средства других наук о человеке и применяет:

предметно-функциональные методы;
операционно-логические методы;
соматографические методы;
психофизиологические методы;
личностные методы.

Для описания и анализа деятельности на уровне системы используются:

- метод описания перечня функций: словесное перечисление и описание действий оператора, выделение основных функций, которые чаще всего приходится выполнять оператору данной системы;
- метод изучения технической документации и оборудования системы: позволяет определить задачи, которые решает (или будет решать) оператор, и условия его деятельности;
- метод опроса: проводится в форме анкетирования и беседы для выявления особенностей изучаемой профессии;
- метод многомерно-векторного описания деятельности;
- метод наблюдения: ведётся наблюдение за ходом рабочего процесса и поведением специалистов;
- метод экспертных оценок;
- самонаблюдение и самоотчёт: применяется в профессиографии в двух формах: в виде самоотчёта специалиста изучаемой профессии и в виде самонаблюдения психолога, включённого в профессию;
- экспериментальный метод: служит в основном для проверки уже составленной «профессиограммы».

Возможны комбинации описанных методов с применением математических процедур структурно-алгоритмического подхода, теории надёжности, теории автоматического управления, теории информации, методов спектрального анализа, R — функций, теории нечётких множеств, графов и др.

Изучение профессиональной деятельности включает психологическое описание деятельности, которое должно отвечать требованиям психологической адекватности, т.е. отражать психологическое содержание в терминах языка психологической науки. Под психологическим содержанием понимается психика и конструируемая ею действительность в их реальности и отображении в системе научных психологических воззрений. Адекватность психологического содержания с точки зрения инженерной психо-

логии предполагает учёт профессионального содержания деятельности, её профессиональной специфики, пронизывающей всю систему деятельности, охватывая её предметную, орудийную и процессуальную стороны во всех формах отношений взаимосвязанного материального внешнего и идеального внутреннего существования. Помимо требования адекватности психологического содержания деятельности Г.В. Суходольским выдвинуто требование конструктивности её описания. Конструктивность понимается как представление изучаемых объектов в синтезированном из элементов виде.

При анализе содержания деятельности используется психологическая интерпретация, которая сводится к объяснению роли непсихических элементов деятельности в психической деятельности оператора. Результаты анализа позволяют решить и обратную задачу: определить роль психического в работе системы, что используется при решении задач профотбора при подборе претендентов, обладающих требуемыми профессионально важными качествами.

6.2. Понятия «рабочее место» и «рабочее пространство»

Трудовая деятельность человека протекает в специально организованных условиях, к которым относятся рабочее пространство и рабочее место. Рабочее пространство специально проектируемая часть рабочей среды; представляет собой зону, отделённую от природной среды с искусственно создаваемыми условиями. Примеры рабочего пространства — производственный цех, судоверфь, ангар. Рабочее место — это часть рабочего пространства, в котором располагается оборудование, с которым непосредственно взаимодействует человек в рабочей среде. Рабочее место оператора в общем случае включает в себя пульты управления с соответствующими средствами отображения информации и органами управления, средства связи и поддержки деятельности.

По ГОСТ 26.387-84 Рабочее место оператора — «это часть пространства в системе «человек — машина», оснащённая средствами отображения информации, органами управления и вспомогательным оборудованием и предназначенная для деятельности оператора СЧМ».

Эргономическое проектирование рабочих пространств и рабочих мест производится с учётом антропологических, биомеханических, психофизиологических и психических возможностей работников. Решаются задачи размещения работающего человека с учётом зоны его рабочих движений, выполнения основных и вспомогательных операций в удобном рабочем положении, с применением эффективных приёмов и способов выполнения трудовых операций, оптимального обзора средств визуального и звукового представления информации. Обеспечивается свободный доступ к оборудованию для его профилактического осмотра и ремонта. Решаются задачи обеспечения требований санитарной гигиены, техники безопасного проведения работ.

Эргономическое обеспечение проектирования рабочего места включает этапы:

1. Формирование исходных данных.
2. Предварительный выбор габаритов рабочего места.
3. Выбор правил компоновки средств отображения информации и органов управления. Разработка варианта их размещения на панелях рабочего места.
4. Оценка размещения элементов рабочего стола (обзорность, досягаемость элементов рабочего места).
5. Учёт общих эргономических требований по компоновке панелей пультов.
6. Комплексная оценка конструкции рабочего места.
7. Выбор форм цветового кодирования информации на индикаторах пульта.
8. Разработка окончательного варианта размещения элементов рабочего пульта.

В процессе выполнения этапов проектирования проект уточняется и изменяется с возвратом в те или иные его точки. Это не последовательный процесс, хотя он и разбивается условно на представленные выше последовательные этапы. Эргономическое проектирование представляет собой цепь циклических ре-

курсивных процессов, ведущих к получению требуемого результата.

6.3. Факторы, влияющие на операторскую деятельность

Технический прогресс изменяет характер труда операторов:

- увеличивается число управляемых объектов и параметров, повышается роль планирования и организации труда;
- функции управления всё больше переходят в область принятия решений, происходит интеллектуализация деятельности;
- увеличивается роль человека во внештатных ситуациях, повышается ответственность и значение ошибок.

Множество действующих на оператора факторов определяют эффективность его труда. Выделяют субъективные — зависящие от оператора и объективные — внешние по отношению к оператору факторы, влияющие на эффективность операторской деятельности.

К субъективным факторам относят: психологическое состояние оператора, уровень подготовленности к данному виду операторской деятельности и т.д.

Объективные факторы, в свою очередь, делятся на аппаратные, зависящие от функционирования техники, и средовые, зависящие от рабочей среды, в которой действует оператор.

Аппаратурные факторы определяются организацией рабочего места оператора, формой и видом предъявления потока рабочей информации, особенностями систем, контролирующих выполнение деятельности.

Средовые факторы определяются условиями обитаемости, обстановкой, организацией деятельности (режимы труда и отдыха, количество рабочих смен, взаимозаменяемость операторов).

6.4. Ошибки операторов

Человек как сложная система в принципе не может работать без ошибок, которые могут приводить к достаточно серьёзным и трагическим последствиям. Литература и новостные каналы средств массовой информации пестрят сообщениями об ошибочных действиях операторов. Приведём некоторые из них:

«В воскресенье на атомной электростанции в японской префектуре Фукусима (остров Хонсю) из-за ошибки сотрудника пришлось остановить атомный реактор, — передаёт РИА Новости. — Как сообщили представители компании «Токио дэнрио-ку», которая является оператором атомной электростанции, автоматика сработала в связи с повышением уровня охлаждающей жидкости. Это, в свою очередь, было вызвано ошибкой сотрудника, который нажал не на ту кнопку и остановил насос, подающий жидкость»;

«Следователи считают, что причиной произошедшего в пятницу, 22 сентября, столкновения поезда на магнитной подушке с грузовиком могла стать человеческая ошибка одного из операторов»;

«В компании «Екатеринбургнефтепродукт» предварительно посчитали сумму материального ущерба, нанесённого ей в результате чрезвычайного происшествия на екатеринбургской АЗС № 313 компании «Сибнефть». Она составила 213 тысяч рублей. Напомним, что 27 сентября из-за ошибки оператора Шабровского топливного терминала в баки шести автомобилей была залита грязная вода»;

«Голосовая связь с экипажем Международной космической станции во время выхода в открытый космос пропала из-за ошибки оператора американского Центра управления полётами (ЦУП). Об этом сообщили сегодня в группе НАСА в подмосковном ЦУП... Во время выхода экипажа в космос по ошибке прошла команда на отключение антенны короткого диапазона, обеспечивающей голосовую связь и передачу части телеметрической информации», — сказал собеседник агентства;

«Правительство Колумбии и Национальный исполнительный центр электрических соединений отвергли возможность того, что обесточивание страны произошло в результате террористическо-

го акта. Первичное отключение произошло на подстанции Торка, расположенной в пригороде колумбийской столицы Боготы, затем последовали «веерные» отключения других подстанций. Вместе с тем причины происшедшего до сих пор не установлены, и специалисты предпочитают комментировать аварию, используя термин «системная ошибка». В настоящее время электроснабжение в колумбийской столице практически полностью восстановлено. Предположительно отключение электричества произошло по ошибке операторов на электростанции»;

«Ошибка погибшего оператора Александра Захарова при оценке степени критичности и сборке размножающейся системы (РС) оказалась одной из главных причин аварии, случившейся 17 июня в Арзамасе-16. К такому выводу пришла комиссия, расследовавшая причины инцидента. Как сообщили вчера в Министерстве по атомной энергии России, Захаров использовал неверные данные размеров РС и не установил источник нейтронов в центр сборки. Однако не менее важной причиной локальной ядерной аварии явились грубые нарушения действующих правил по радиационной безопасности: сборка проводилась оператором в одиночку, был нарушен порядок организации и ведения работ».

Масштаб проблемы влияния ошибок операторов на работу сложных систем можно проиллюстрировать результатами исследований специалистов НИИ ФСБ РФ. Они пришли к выводу, что «в ближайшие 10–15 лет до 85% срывов выполнения задач непрерывного управления сложными военно-стратегическими и промышленно-экономическими объектами РФ будет вызвано ошибочными или нелояльными действиями операторов управления».

Ошибки оператора — нарушение установленных предельных значений параметров, вызывающие сбои в нормальном функционировании эргатической системы. В ситуациях, где погрешность достигает значений, делающих невозможным достижение целей эргатической системы, используется понятие «отказ оператора».

Для анализа и классификации ошибок оператора предложены следующие критерии:

- место ошибки в структуре эргатической системы;
- внешнее проявление ошибки;

- последствия ошибки;
- характер отображения ошибки в сознании оператора;
- причины ошибки.

По каждому из критериев разработаны методы более детального анализа. Например, причины ошибки могут быть связаны с рабочим местом оператора (организацией информационной модели и органов управления), режимом труда и отдыха, профессиональной подготовкой, функциональным состоянием, рабочей мотивацией, отношениями в коллективе. Описанный набор критериев анализа и классификации ошибок оператора задаёт последовательность проведения их психологического анализа.

Предотвратить ошибки операторов достаточно трудно, так как совершать ошибки в процессе работы для людей естественно, это не свидетельствует о непрофессионализме оператора.

Анализ ошибок оператора — один из основных путей решения инженерно-психологических задач. Предотвращение ошибок оператора путём грамотного проектирования эргатической системы составляет один из разделов инженерной психологии.

Ошибка — это результат действия, совершённого неточно или неправильно. Это отклонение от намеченной цели, несовпадение полученного с планом, несоответствие достигнутого результата намеченной цели, поставленной задаче.

Последствия ошибок оператора различны. Во многих видах деятельности цена ошибки чрезвычайно велика. Следствием ошибки оператора может быть травма, несчастный случай, авария, катастрофа, экологическое бедствие.

Ошибка — это действие, выполненное вопреки плану. По месту в структуре деятельности можно выделить виды ошибок, связанных с работой психических механизмов: ошибки восприятия, внимания, памяти, мышления и принятия решения, ошибки ответной реакции.

Основные причины ошибок оператора связаны с плохо спроектированным рабочим местом оператора, нарушениями в пользовательском интерфейсе, в организации труда и отдыха, психическим и физиологическим состоянием оператора, ошибками в подготовке системы и оператора к деятельности.

6.5. Виды операторской деятельности

Специфика деятельности оператора в значительной мере зависит от назначения СЧМ, характера их использования, роли и степени участия человека в системе.

Различают деятельность, детерминированную с заранее определёнными алгоритмами и предписаниями, недетерминированную — с известными правилами, но неопределёнными моментами появления сигналов и их последовательностей, и игровую — с заранее неизвестными и в значительной мере неопределёнными ситуациями.

По степени непрерывности участия человека различают деятельность непрерывную, непрерывную с периодической работой оператора и дискретную деятельность.

В зависимости от преобладания того или иного психического процесса выделяют сенсорно-перцептивную, моторную и интеллектуальную деятельности. В сенсорно-перцептивной деятельности основной упор делается на получении информации и её первичной оценке в сферах восприятия. Исполнительные действия оператора при этом предельно упрощены. Такая деятельность характерна для операторов — наблюдателей. В моторной деятельности велик удельный вес исполнительских действий, все психические функции подчинены этой главной задаче. Пример деятельности — ввод информации с клавиатуры дисплея. Интеллектуальная деятельность выдвигает на передний план функции принятия решения, логической и творческой обработки информации. Такая деятельность свойственна диспетчерам и руководителям.

По моменту выполнения управляющего действия различают деятельность непосредственную и с отсроченным обслуживанием. Первая выполняется по мере получения информации, а вторая — по истечении некоторого времени, затраченного на принятие решения.

В соответствии с возникшей в процессе развития автоматизированных средств производства и управления дифференциацией операторских действий условно выделяют пять классов операторской деятельности:

- оператор-технолог;
- оператор-манипулятор;
- оператор-наблюдатель, контролёр;
- оператор-исследователь;
- оператор-руководитель.

В одной и той же СЧМ могут работать операторы, выполняющие разные виды операторской деятельности. Например, в танке, относящемся к управляемым транспортным средствам, одновременно работают и водитель (оператор-манипулятор), и стрелок (одновременно оператор-наблюдатель и оператор-манипулятор), и командир (оператор-руководитель).



Контрольные вопросы по главе

1. Что такое деятельность?
2. Что такое операторская деятельность?
3. Что такое действие, операция?
4. В чём смысл профессиографии?
5. Назовите математические процедуры, наиболее часто используемые при описании деятельности.
6. Как изменяется специфика труда операторов в процессе изменения и развития техники?
7. Перечислите основные факторы, влияющие на эффективность труда операторов.
8. Какие субъективные факторы необходимо учитывать при анализе работы оператора?
9. В чём специфика игрового вида деятельности оператора?
10. Назовите основные черты сенсорно-перцептивной деятельности. Приведите примеры профессий с преобладанием данного вида деятельности.
11. Приведите примеры непосредственной деятельности.
12. Опишите содержание деятельности оператора-манипулятора и приведите название профессий, относящихся к данному классу операторской деятельности.
13. Что такое ошибка оператора?
14. Назовите основные причины ошибок оператора.
15. Опишите содержание работы оператора-манипулятора.

Темы для групповой дискуссии

1. Создайте профессиограмму деятельности оператора системы управления динамическим объектом.
2. Можно ли создать профессиограмму творческой деятельности писателя, актёра?
3. Можно ли создать безошибочно функционирующую эргатическую систему?

Литература

1. Мунипов В.М., Зинченко В.П. Эргономика: человеко-ориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник. М.: Логос, 2001.
2. Суходольский Г.В. Основы психологической теории деятельности. Л.: Изд-во ЛГУ, 1988. С. 7–57.
3. Ломов Б.Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии. М.: Наука, 1984. С. 190–231.
4. Шадриков В.Д. Проблемы системогенеза профессиональной деятельности. М.: Наука, 1982.
5. Крылов А.А. Человек в автоматизированных системах управления. Л.: Изд-во ЛГУ, 1972.

7

глава

ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ И ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА «ЧЕЛОВЕК — МАШИНА» И РАБОЧЕЙ СРЕДЫ

Процедура учёта при проектировании эргатических систем требований, вытекающих из анатомо-физиологических свойств человека-оператора и особенностей его психической и социальной организации, называется инженерно-психологическим проектированием. Это одна из форм проектирования, осуществляемая методами инженерной психологии.

В фокусе методологии инженерно-психологического проектирования можно выделить три основных направления: системотехническое, социотехническое и собственно инженерно-психологическое.

В первом случае сугубо технический подход превалирует над гуманитарным. Согласно системотехнической точке зрения, машинное функционирование, индивидуальная деятельность человека и деятельность коллектива людей могут быть адекватно описаны с помощью одних и тех же методов. Сторонники этой точки зрения считают инженерно-психологическое проектирование составной частью системотехнического проектирования. Проект деятельности оператора для них, как правило, полностью исчерпывается описанием алгоритма его работы, с указанием на специфику человеческого компонента.

В социотехническом проектировании объектом проектирования становится групповая деятельность. Поэтому оно неизбежно

ориентируется на социальную проблематику. Объектная же область инженерно-психологического проектирования ограничивается индивидуальными аспектами деятельности.

Инженерно-психологическое проектирование представляет собой промежуточный вариант между системотехническим и социотехническим проектированием. Разделяется на аналитический и синтетический этапы. На первом этапе вырабатываются требования к СЧМ, а на втором — элементы системы интегрируются в целое.

Эргономическое проектирование по самой своей сути является расширенным вариантом инженерно-психологического проектирования. Наряду с психологией, физиологией, анатомией, гигиеной труда в нём большое внимание уделяется социальным, социально-психологическим, экономическим и другим факторам. Эргономическое проектирование, являясь частью целостного процесса проектирования эргатической системы, осуществляется в форме эргономического обеспечения проектирования, направленного на реализацию эргономических требований. Специфическая функция эргономического проектирования — придание проектируемой человеко-машинной системе эргономических свойств, повышающих эффективность деятельности человека и функционирования системы.

7.1. Системный подход, особенности его применения при проектировании информационных моделей и сред

Человек всегда выступает в виде единой системы, включённой во всё многообразие предметно-материальных, социальных и субъективных отношений, каждое из которых может играть решающую роль в формировании его поведения, реакций, отношений и в итоге — на эффективность деятельности. Это определяет сложность рассмотрения человека как элемента СЧМ. Методов, полно описывающих организованную сложность, которой является человек, в настоящее время нет. Используемые способы описания свойств человека обладают определёнными ограничениями, налагаемыми уровнем рассмотрения и научными традициями тех или иных отраслей знания. Так, например, физиология изучает функционирование физиологиче-

ских систем организма, биология — особенности его биологической организации и т.д. Переход с одного уровня рассмотрения на другой затрудняется разницей в базовых понятиях и определениях, различными категориальным и терминологическим составами и видами применяемых теоретических и экспериментальных процедур.

Практический синтез человеко-машинных систем осуществляется большей частью на интуитивном уровне и зависит от возможностей проектировщика найти приемлемый компромисс, обеспечивающий эффективное межсистемное взаимодействие всех уровней функционирования оператора в системе. Большую роль играют эрудиция и практический опыт конструктора в области создания аналогичных систем. Важно умение разработчика выделить узловые точки проектируемой (анализируемой) системы, оказывающие определяющее влияние на оптимальный, в нестрогом смысле этого слова, характер протекания психических процессов оператора, включённого в профессиональную деятельность.

Системный подход является скорее научно-философским методологическим принципом анализа сложных систем, позволяющим систематизировать знания о человеке, чем процедурой проектирования. Он предполагает сочетание множества планов анализа человека как социо-биологического объекта. Часть из них в науке недостаточно разработана и не имеет формализованного понятийного аппарата. Отметим лишь, что необходимо рассматривать психическое во всем множестве внутренних и внешних отношений, в которых оно существует как целостная система. Сущность научного метода исследования, в создании различных моделей, отражающих те или иные стороны реальности. В зависимости от сложности моделей растёт их описательная сила, но в то же время моделям свойственны и ограничения, присущие им вследствие выделения элементов явления из целого. В настоящее время существуют только процедуры системного анализа — расщепления сложной системы на элементы, обратная же задача — системный синтез — во многом не определена. Известен лишь общеметодологический принцип, заключающийся в изучении:

- законов образования целого;
- законов строения целого;
- законов функционирования целого;
- законов развития целого;
- отношений явления (системы) с родовой системой;

- отношений явления (системы) с другими системами;
- взаимодействия явления (системы) с внешним миром и т.д.

В процессе системного синтеза на основе объединения систем в единое целое возникают новые системные качества, не присущие отдельным подсистемам, его составляющим. Законы их порождения не ясны и могут быть поняты лишь при рассмотрении системы как взаимосвязанной совокупности иерархически соподчинённых содействующих систем.

Системное рассмотрение предполагает выделение в анализируемом объекте «функций», направленных на получение определённого результата, «структуры» — единства компонентов, элементов системы, «целей» — вида достигаемого результата.

Практическая реализация идей системного подхода имеет творческий характер и позволяет по окончании процесса проектирования создать вариант требуемой системы. Очевидно, что может быть реализовано неопределённое множество реальных физических систем, вид и состав которых будут зависеть от технологического уровня техники, опыта и традиций проектировщиков, технических и экономических возможностей и ограничений.

7.2. Проектирование средств отображения информации

Для восприятия и обобщения информации оператору необходимы технические устройства, называемые средствами отображения информации. Различают в зависимости от органов восприятия визуальные, слуховые, тактильные и другие средства отображения.

Наибольшую роль и нагрузку в деятельности несут визуальные средства отображения, к которым относятся *дисплеи*. Различают механические дисплеи — цифровые счётчики, дисплеи с неподвижной шкалой и движущейся стрелкой и картинные дисплеи — видеодисплеи, голографические дисплеи, как цветные, так и чёрно-белого изображения.

Важную роль при их проектировании играют вид предъявляемой информации, методы и формы кодирования и пространственного расположения.

При построении *кодовых знаков* учитывают следующие требования:

- при построении алфавитов знаков необходима чёткая и последовательная классификация символов внутри алфавита;
- основным классификационным признаком объекта кодируется контуром знака, который должен представлять собой замкнутую фигуру;
- знак должен иметь не только контур, но и дополнительные детали;
- дополнительные детали не должны пересекать или искажать основной символ;
- предпочтительно использовать симметричные символы, поскольку они легче усваиваются и более прочно сохраняются в оперативной и долговременной памяти;
- предпочтительно использовать «натуральные» взаимоотношения между параметрами сигнала и кодируемыми характеристиками объекта, определённую «картинность».

При цветовом кодировании необходимо учитывать эмоциональную значимость цвета, что часто применяют при передаче сигналов об опасности. Так, по международному стандарту сигналами опасности являются тёплые тона, безопасности — холодные. Степень опасности обозначается разным цветом. Красный — требование остановки действий, оранжевый — предупреждение о серьёзной опасности, жёлтый — «Внимание! Осторожно!», зелёный — отсутствие опасности, голубой — предупреждение, чтобы оператор не начинал действия. Кроме того, мигающий красный цвет обозначает ситуацию, требующую немедленных действий.

Цветовой код может быть полезен в случаях:

- если дисплей не разграфлён;
- высока плотность символов;
- оператор вынужден отыскивать информацию в большом массиве данных.

Цветом лучше кодировать целые слова или фон, чем символы или отдельные знаки.

Поскольку периферия сетчатки глаза не чувствительна к зелёному и красному цветам, их не следует применять на краях дисплея. Жёлтый и синий — хорошие периферийные цвета, хотя синий не

следует использовать для знаков и тонких линий. Пары дополнительных цветов, например, красный — зелёный и жёлтый — синий представляют собой хорошие комбинации для цветного дисплея.

Для мелких деталей изображения не следует применять насыщенный синий цвет. Синий цвет хорошо использовать для фона.

Улучшению восприятия *зрительной информации* способствуют следующие свойства и способы её организации:

- **заметность** — сообщение должно привлекать внимание и располагаться в зоне наблюдения оператора. На внимание влияют заметность, новизна и релевантность (полезность) знака;
- **выделение** — наиболее важные слова могут быть подчеркнуты, усилены путём увеличенного размера или штриховки;
- **чёткость** — может быть усилена при увеличении контраста знаков по отношению к фону, введении шрифта с хорошей разборчивостью;
- **вразумительность** — необходимо дать ясно понять, в чём состоит опасность и что может произойти, если предупреждение будет проигнорировано. Сообщения должны быть предельно краткими, в форме точной инструкции к действию;
- **видимость** — знаки должны быть видимыми при любых условиях рабочего освещения;
- **стандартность** — целесообразно применять стандартные слова и символы.

Большую роль при восприятии текстовой информации на дисплее играет рисунок шрифта букв и цифр. Отношение толщины штриха к высоте букв должно быть от 1:6 до 1:8 для чёрных букв на белом фоне и от 1:8 до 1:10 для белых букв на чёрном фоне.

Высота букв и цифр зависит от расстояния наблюдения, окружающего освещения и важности сообщения.

Например, при расстоянии 35 см рекомендуемая высота букв составляет 2,3 мм для малозначимой и 4,3 мм для важной информации.

Зрительная информация должна располагаться в зоне прямого видения, причём главная информация — в центре, а второстепенная и справочная — на периферии.

Большинство конструктивных признаков, обеспечивающих эффективную работу зрительного канала восприятия информации, изложено в справочных руководствах и эргономических стандартах, которых следует придерживаться как основы для правильного инженерно-психологического проектирования.

Слуховые средства предъявления информации используются наряду со зрительными средствами в случаях:

- если сообщение простое;
- сообщение краткое;
- к сообщению не требуется возвращаться в дальнейшем;
- сообщение отображает события, распределённые во времени;
- сообщение призывает к немедленному действию;
- зрительная система оператора перегружена;
- работа оператора требует частых перемещений в рабочем пространстве.

При выборе *предупреждающих звуковых сигналов* необходимо учитывать:

- высоту сигнала, которую следует выбирать из диапазона 150–1000 Гц;
- сигналы должны иметь гармонические частотные компоненты;
- сигналы должны иметь не менее четырёх выраженных частотных компонент, что снижает риск маскировки другими сигналами;
- целесообразно введение модуляции основной частоты: это привлекает внимание оператора.

Необходимо предупредить резкое нарастание сигнала, так как это воспринимается как удар, сопровождаясь звуковым шоком. В сигнале не должно быть дребезга и звона. Во многих случаях для привлечения внимания и пространственной ориентации взора оператора используется бинауральный эффект, который лучше проявляется на средних и высоких частотах звукового диапазона.

При использовании голосовых сообщений важны разборчивость и семантика речи. Различают системы с естественной и синтезируемой речью. Особенности восприятия второй зависят от типа синтезирующего устройства. Речевое сообщение предпочтительнее использовать для сообщений о нарушении нормальных условий, а сигналы — при аварийных и критических ситуациях.

Тактильные средства предъявления информации используются редко. Известны случаи их применения в качестве дополнительных каналов и при работе людей со зрительными и слуховыми нарушениями. Часто используют тактильное кодирование формой органов управления, которые можно различить на ощупь. При выборе тактильных систем возникают вопросы, связанные с количеством стимулируемых участков кожи, диапазоном вибрационных частот, количеством интенсивности и вида воздействия.

7.3. Проектирование органов управления

Органы управления представляют собой элементы интерфейса (связи) в СЧМ, с помощью которых оператор передаёт механическую энергию или информацию технической части системы для выполнения автоматических функций управления. Организация, отбор и размещение органов управления осуществляются с учётом анатомических, антропометрических, биомеханических и физиологических характеристик человека. Учитываются и алгоритмические особенности деятельности оператора с органами управления, характер задачи, вид управления, его динамические и точностные характеристики. Деятельность оператора определяет и выбор средств управления.

Различают *органы управления*:

- по назначению: для ввода информации, для установки режимов;
- по характеру движений: не требующие движений включения, требующие повторяющихся, дозированных движений;
- по характеру использования — оперативные, используемые периодически или эпизодически;
- по конструктивному исполнению: кнопки, тумблеры, переключатели, штурвалы, манипуляторы;
- по значению: главные, вспомогательные.

В конструкции органов управления необходимо учитывать сложившиеся у человека стереотипы движений (см. табл. 2).

Действие на органы управления

Таблица 2

Движение (состояние) управляемого объекта	Движение рычага	Поворот рукоятки маховика, штурвала	Нажатие кнопок, клавиш
«Включено» «Пуск» «Увеличение» «Подъём» «Открытие» «Вперёд» «Вправо» «Вверх»	Вверх от себя, вправо	По часовой стрелке	Верхних, передних, правых

Существующее многообразие органов управления отражено в справочной и нормативной документации, но отметим, что идеального органа управления не создано. Каждая проекторочная организация, продолжая опыт и традиции проектирования, использует свои органы управления. Например, в автомобиле это — руль, а в самолёте — ручка управления и штурвал.

7.4. Организация рабочего места оператора

Размещение органов управления и средств отображения информации на рабочем месте оператора в значительной мере определяет эффективность его деятельности. Отметим наиболее *важные критерии*, которые нужно учитывать при организации рабочего пространства:

- размеры моторного пространства;
- двигательнo-физиологические предельные условия (требования к точности, скорости, силе, вращающему моменту и т.д.);

- условия взаимодействия;
- частота и значимость входной информации;
- возможности зрительной и слуховой обратной связи;
- алгоритм управления (последовательность действий);
- пространственная совместимость с технической системой или дисплеями;
- гарантия против случайных действий;
- выполнение действий сидя или стоя.

Учитывается пол оператора, так как физические и психофизиологические возможности мужчин и женщин не одинаковы.

При большом количестве приборов на панелях управления используют методы группировки, учитывая при этом частоту обращения к тем или иным приборам во время выполнения рабочего алгоритма. Часто используемые органы управления и индикации следует помещать в центральной зоне, редко — на периферии. В центральной зоне также располагают аварийные средства отображения и управления, обеспечить пространственное и функциональное соответствие между органами управления и дисплеями. Необходимо выдерживать дистанцию между определёнными типами органов управления и индикации для уменьшения явлений интерференции и перепутывания.

Динамические характеристики органов управления должны соответствовать скоростным характеристикам человека. СЧМ должна препятствовать возникновению случайных режимов работы с органами управления и индикации, ведущих к аварийным режимам. Реализуется так называемая защита от дурака.

Цветовое и эргономическое решения рабочего места не должны приводить к утомлению оператора, состояниям монотонии, гипнотическим фазам.

7.5. Проектирование пользовательских интерфейсов

Основным объектом инженерно-психологического проектирования в системах «человек — машина» в последнее время

являются системы связи человека с машиной — системы интерфейса. Среди большого разнообразия систем интерфейса, связанных с управлением техническими системами, особенно выделяются системы пользовательских интерфейсов (User Interface). Они объединяют компоненты и элементы программ, способные влиять на взаимодействие пользователя с компьютерной системой. Это средства отображения информации, форматы и коды представления информации, технологии ввода-вывода данных, их вид и форма, порядок получения справочной и иной информации, необходимых для работы в системе. К ним относятся и диалоги, транзакции оператора с системой, обратная связь пользователя с системой, виды реакций на неё.

Наиболее известные системы интерфейса этого класса связаны с компьютерными графическими интерфейсами пользователя (GUI) или так называемыми WIMP (Windows-Icons-Menus-Point device) интерфейсами. В них используются привычные для пользователей операционных систем Windows и Macintosh окна, меню, пиктограммы, виджеты и способы организации взаимодействий посредством манипуляторов «мышь» и клавиатурой. Эти системы широко распространены во всех сферах применений компьютерных технологий, в том числе и при управлении сложными человеко-машинными системами.

Следующий вид интерфейса — интерфейс прямой манипуляции, в котором реализуется постоянное представление пользователю объектов и результатов действий с ними. Управление объектами осуществляется с помощью непосредственных физических действий, а не вводом команд.

В перспективе ожидается переход к системам естественного (человекоцентрированного) интерфейса, в которых используются механизмы человеческого общения и работы психофизиологических систем. Прототипы таких систем — системы общения «человек — машина» на естественном языке, системы, использующие психофизиологические параметры для управления системой, бионические симбиозы (встраивание технических элементов в работу организма), системы виртуальных интерфейсов. В таких системах используются системы 3D графики, нанотехнологии и микросистемная техника.

Процесс эргономического проектирования пользовательских интерфейсов включает в себя процессы разработки и тестирования программного продукта и содержит этапы:

- анализа деятельности пользователя;
- построения модели рабочего места пользователя, формулирования требований к деятельности пользователя, выбор критериев оценки интерфейса;
- разработки сценария работы пользователя с программой, его предварительную оценку и коррекцию;
- разработку прототипа пользовательского интерфейса, его отработку, получение рабочего варианта;
- создания тестовой версии программы, реализующей пользовательский интерфейс;
- разработки средств поддержки пользователя (помощь, словари, подсказки и т.д.);
- юзабилити тестирования тестовой версии;
- отработки финал-релиза, подготовки документации и процедуры обучения пользователя.

Существует *четыре основных показателя* качества любого интерфейса:

- соответствие интерфейса возложенным на него задачам;
- скорость работы пользователя;
- количество ошибок пользователя, работающего с данным интерфейсом;
- степень удовлетворённости пользователя.

Эти показатели оцениваются в процессе юзабилити тестирования на всех этапах проектирования пользовательского интерфейса.

7.6. Системы виртуальной реальности

В последние годы благодаря прогрессу технологий мультимедиа широко развивается направление, обозначаемое общим термином «системы виртуальной реальности». Суть подхода заключается в создании искусственных стимулов, воздействующих на все органы чувств оператора. При этом в психике человека формируется образ некоторой искусственной реальности, в которой могут осуществляться действия, направленные на решение определённой профессиональной задачи. При восприятии виртуальной реальности оператор всегда отдаёт себе отчёт в том, что данная реальность — результат специфического воздействия на его сенсорные системы.

Система виртуальной реальности позволяет исключить человека из ситуации непосредственной экстремальной деятельности, так как пульт управления может быть расположен в защищённом месте и связь с реальным объектом может осуществляться дистанционным способом. Плоскость проектирования этих систем смещается в область компьютерного моделирования воздействий реальной среды, преобразования последней в образы, привычные для оператора. Для формирования визуальных образов используются шлемы виртуальной реальности, образов осязания — сенсорные перчатки, слуховых образов — системы стерео- и многоканального воспроизведения.

Основная проблема, возникающая при моделировании виртуальной среды, — проблема согласования потоков информации, получаемой из внешнего мира, и потоков обратной информации, дающих информацию о действиях оператора.

Идеальная система виртуальной реальности даёт полную иллюзию деятельности человека в реальной ситуации. Кроме того, появляется возможность создать образ сверхвозможностей, ведущий к повышению активности оператора. Так, например, оператор-наблюдатель в виртуальной среде может «перемещаться — удаляться» к объекту управления, осуществлять пространственный поиск объектов в визуальном пространстве (в том числе и созданном по информации из различных каналов получения данных (тепловизионного, радиолокационного и т.д.)), формировать виртуальную стратегию деятельности, ведущую к выполнению задачи. В этой системе возможности человека используются в полной мере, что недостижимо в традиционных системах управления.

Отметим, что виртуальный канал управления может давать команды управления на многие объекты и его создание экономически целесообразно, несмотря на огромный объем вычислительных ресурсов, требуемых от системы моделирования виртуального пространства. Виртуальный канал также позволяет вводить в виртуальное пространство оператора неограниченное количество моделей реальной деятельности, что позволяет на новом уровне решать задачи обучения и тренировки.

Совокупность технологических, психологических и поведенческих феноменов, связанных с интегрированной синхронной деятельностью перцептивных систем человека при его погружении в среду, отражена в понятии *иммерсивность* (англ. immersion — погружение). Она рассматривается в качестве одной из основных характеристик виртуальной реальности и содержательно интерпретируется как мера неразличимости участниками виртуального погружения реального и виртуального миров. Максимально иммерсивная среда в восприятии обучаемых абсолютно неотличима от реальности. Аналогично все системы, обеспечивающие контакт человека с данным миром, работают интегрированно и полностью сочетаются с перцептивным и личностным опытом субъекта. Это своего рода «матрица», в которой актуализуется полное погружение в виртуальный мир.

Иммерсивность отражает степень представляемых технологией свойств имитируемой среды и связана со степенью погружения субъекта в искусственную окружающую среду. Это «степень», с которой имитирующая система поставляет искусственную среду окружения, замещающую свойства реального мира. Чем более содержателен представляемый сенсорным системам человека поток стимуляции, тем большее число сенсорных систем может вовлекаться во взаимодействие со средой.

Поведение человека в условиях абсолютной иммерсивности ничем не отличается от его поведения в условиях привычной действительности. Однако это справедливо лишь в случае полного подобия виртуальной среды среде физического опыта по отношению к перцептивным системам человека. Если рассматриваемые среды по их воздействию на человека неразличимо подобны, значит, виртуальная среда обладает свойствами реальности. В противном случае человек легко определяет различия в источниках действительности.

Иммерсивность отражает также возможность воспроизводить в среде естественные способы сенсорного представления, сформированные в процессе жизни человека в естественной среде. Иммерсивность — технологическое понятие и связано с возможностями моделировать в искусственной среде свойства реальной среды. Создаётся «фантом» реальности, который замещает её своим воздействием на человека. Высокоиммерсивная среда заменяет не только статические характеристики моделируемого мира, но и динамические аспекты, запечатлённые в жизненном опыте субъекта, который воспринимает новую реальность в форме присутствия в ней.

«Присутствие» («Presence») — чисто субъективное понятие и в общем смысле определяется как субъективный опыт человека: находиться в одном месте или окружающей среде, в то же время физически находясь в другом месте. Присутствие связано с преодолением машинно-генерируемой среды, а не с фактическим физическим местом действия. Это психологическое состояние воспринимать себя окутанным, вовлечённым, включённым во взаимодействие с окружающей средой, обеспечивающей непрерывный поток стимулов и опыта. Присутствие связано также с возможностью получения субъектом диалогового опыта деятельности в среде. Опыт присутствия ведёт к появлению у оператора «чувственной иллюзии непосредственности» происходящего. Отметим, что присутствие свойственно не только виртуальной компьютерной среде, но возникает в любых средах, в которых действует человек.

7.7. Виртуальные интерфейсы

Основное содержание деятельности оператора в системе «человек — машина» составляет реализация алгоритма управления посредством логических или сенсомоторных манипуляций с рабочими органами, влияющими на поведение объекта управления. Оптимизация алгоритмов управления — одна из основных задач классического инженерно-психологического проектирования. Интерфейс большей части техники XX века реализован на принципах концепции включения (А.А. Крылов), которая рассматривает человека — оператора в качестве звена технической системы, исполняющего функцию регулирования отдельных динамических параметров системы индуцируемых средствами отображения информации.

Необходимо сразу признать ряд серьёзных ограничений, генетически присущих технологиям включения. Прежде всего, это ограничения, связанные с нерешённостью проблемы формирования оптимальной информационной модели. Рост сложности технических систем ведёт к соответствующему усложнению приборной доски и органов управления, которые ставят оператора и его перцептивные системы на границу психофизиологических возможностей. Например, лётчик современного самолёта имеет в своём распоряжении более сотни непрерывно контролируемых параметров полёта, отображаемых на системах индикации и отображения информации. Все эти параметры связаны между собой в сложных, а порою и нелинейных отношениях и имеют свою динамическую историю, которую должен учитывать пилот в процессе управления. Понятно, что работать с подобными системами без серьёзного профессионального обучения практически невозможно.

Не лучше обстояли дела в области создания человеко-машинных интерфейсов и в отраслях промышленности, таких, как атомная энергетика, транспорт, судостроение, оборона. Предлагаемые здесь решения, так же как в авиации и космонавтике, имели, прежде всего, технический характер и отражали прогресс в создании новых устройств индикации, управления и методов и средств обучения. Решения имели локальный и паллиативный характер, что вело к примату технических методов проектирования над методами инженерно-психологическими. Оператор рассматривался как технический элемент системы, а процесс проектирования — как согласование физических характеристик среды управления с психофизиологическими возможностями человека. В результате на человека — оператора воздействовала качественно новая — искусственная среда. В ней перманентно нарушались процессы нормальной вне- и внутрисубъектной интеграции, возникали феномены интерференции опыта. Это стало причиной сбоев, ошибок и невысокой эффективности деятельности человека в таких технических системах.

Выходом из сложившегося положения служит внедрение новых систем интерфейса, которые можно назвать *погружающими или иммерсивными интерфейсами*. В них оператор погружается в формируемую технологиями виртуальной реальности машинно-генерируемую трёхмерную среду, отображающую некоторый искусственный мир, деятельность в котором ведёт к решению про-

фессиональных задач в действительном мире. В конструкции и свойствах искусственного мира максимально используется жизненный опыт субъекта.

Отметим важную особенность, связанную с присутствием в среде виртуальной реальности, — возможность извлекать полезный для практической деятельности опыт. Человек в своём контакте с виртуальным миром имеет инструменты для селекции важных аспектов моделируемой среды.

Возможности деятельности обучаемого в среде обеспечиваются *интерактивностью среды* — степенью, до которой пользователи могут участвовать в изменении и формировании её содержания в режиме реального времени. Интерактивность — это не просто возможность навигации в виртуальном мире, это власть пользователя по управлению изменениями этой окружающей среды. При этом виртуальный мир должен отвечать на действия пользователя. Интерактивность требует динамического моделирования и определяется технологической структурой профессиональной среды, свойствами её интерфейса. Интерактивность отражает податливость формы среды и её содержания. Степень интерактивности зависит от множества факторов. *Основные факторы, определяющие степень интерактивности:*

- фактор «скорость» — определяет скорость, с которой реагирует система в нормальных условиях. Он показывает, как быстро может ассимилироваться в среду входное воздействие;
- фактор «диапазон» — включает число возможностей для действия в любое данное время;
- фактор «mapping» — отражает способность системы контролировать изменения в искусственной среде в естественной и предсказуемой манере.

Примерами интерфейса, с помощью которого реализуется интерактивность в компьютерных обучающих средах, являются клавиатура, мышь, перчатки, планшеты, системы распознавания речи, направления взгляда и связанные с ними виртуальные представления, порождаемые программными средствами.

Развитие технологий виртуальной реальности позволяет создать виртуальные среды с высокой степенью интерактив-

ности. Именно интерактивность, отражая эффективность взаимодействия субъекта с миром, является ключевым понятием, характеризующим эффективность и возможности человеко-машинного интерфейса. Чем выше интерактивность системы, тем больше параметров моделируемого мира могут быть изменены субъектом в процессе своей деятельности.

В виртуальной реальности есть возможности воздействовать практически на все элементы моделируемого мира и осуществлять это естественным образом. При этом мир отвечает на воздействия своим изменением, доступным сенсорным системам оператора. Основное достоинство создаваемого в виртуальной среде иммерсивного интерфейса — сведение интеракций к формам, понятным сенсорным и исполнительным системам человека, к его непосредственным действиям с элементами моделируемой среды без промежуточных операций, включающих логические и языковые конструкторы.

Иммерсивный интерфейс погружает человека в искусственный мир, который, в свою очередь, может быть связан с реальным физическим миром, отображая в своём предметном, пространственном и временном содержании его основные свойства. Манипуляция в иммерсивном интерфейсе естественна для человека в отличие от таковой, реализуемой в классических формах интерфейса. В последних, например, при решении задачи наведения управляемого объекта на цель в пространстве, оператор вынужден с помощью органов управления решать задачу компенсаторного слежения. Это довольно сложная сенсомоторная задача. В иммерсивном интерфейсе достаточно «взять» в виртуальном пространстве виртуальную модель объекта и «перенести» её в контур цели, тем самым совершив наведение на неё.

Трансформация реального мира в мир виртуальной реальности и свойства реального мира в свойства виртуального мира осуществляется без участия человека, что позволяет освободить последнего от сложных операций пространственно-временных преобразований. Искусственный мир может быть подстроен с помощью транслятора состояний под динамические свойства оператора, освобождая его от необходимости работать при дефиците времени. Снимаются и другие формы психологических и психофизиологических ограничений.

Особый вид иммерсивного интерфейса — системы с *индуцированной виртуальной средой*, в которых виртуальная реальность с погружённым в неё оператором копирует в реальном времени некоторую параллельно существующую реальную среду. Индуцированная виртуальная среда является носителем обратной связи, и события в ней моделируются не по абстрактному сценарию, а связаны с событиями и предметным миром реальной среды. В общую схему работы системы управления добавляется фаза реконструкции виртуальной среды. Реконструкция осуществляется на основе информации двух видов: априорной — о моделях объектов и окружающей среды, и апостериорной, поступающей из физической системы. Полностью воссоздаётся состояние объектов управляемой системы. Из индуцированной виртуальной среды оператор может извлечь всю необходимую для принятия решения информацию. Технология индуцированных виртуальных сред перспективна для использования в системах дистанционного управления, так как позволяет резко снизить требования к пропускной способности каналов связи между управляемым объектом и пунктом управления. Известны практические применения технологии индуцированных виртуальных сред при подготовке космонавтов для работы на орбитальной станции.

7.8. Юзабилити

Работа в интерактивных средах послужила базисом для возникновения нового дисциплинарного направления инженерной психологии и эргономики — *юзабилити (usability)*. В общем плане юзабилити — это научно-прикладная дисциплина, служащая повышению эффективности, продуктивности и удобства пользования инструментами деятельности. Она изучает и реализует процессы создания совокупности свойств инструмента, влияющих на эффективность его использования в конкретной предметной деятельности. Выражается в применимости данного инструмента, лёгкости, естественности его использования, безошибочности, сопровождаемых удовлетворением пользователя, возникновением у него позитивных эмоций. Можно сказать, что юзабилити занимается потребительскими качествами продукта.

В отличие от эргономики, которая направлена на повышение эффективности человеко-машинной системы в целом, юзаби-

лители интересуют только эффективность системы в отношении потребителя, пользователя. Ей важно, чтобы система была удобной для человека.

Особенно широкое применение юзабилити получила в сфере создания и эксплуатации компьютерных интерфейсов. Именно здесь отмечены основные успехи этого направления. В зависимости от инструмента и сферы деятельности выделяют *software usability* — разработка программных продуктов и *web-usability* — разработка и совершенствование веб-сайтов.

Основные разделы юзабилити — юзабилити проектирование и юзабилити тестирование (*usability evaluation, usability testing*). Первое осуществляется стандартными методами инженерной психологии, а второе основано на экспериментах для выявления информации о потребительских свойствах пользовательского интерфейса.

При создании пользовательского интерфейса, содержащего множественные интеракции, используется метод прототипирования (*prototyping*). Разрабатывается система с неполной презентацией создаваемой системы, отражающая существенные фрагменты интерфейса, необходимые для пользовательского тестирования. Дизайн прототипа создаётся, оценивается и улучшается до тех пор, пока не достигается необходимая эффективность системы. Прототипы — это действующие модели интерфейса. Они могут быть реализованы в разных формах, начиная от упрощённого, бумажного его представления вплоть до действующих моделей, содержащих все функции разрабатываемой системы. На ранних этапах проектирования применяются методы: карточной сортировки, подготовки набросков, раскадровки, бумажных и электронных прототипов.

Метод карточной сортировки (*Card Sorting*) — техника для исследования выборки потенциальных пользователей для выделения вариантов группировки элементов рабочего поля, создаваемого продукта. При этом стремятся к достижению максимальной вероятности эффективного поиска рабочих элементов, входящих в группу.

Карточная сортировка может проводиться в разнообразных обстоятельствах, с использованием различных средств — «один

на один», в течение симпозиумов, почтой или с помощью электроники. Для классического варианта метода карточной сортировки используются индивидуальные карты с напечатанными на них названиями пунктов, которые нужно сгруппировать.

Карты должны быть достаточно большими, чтобы на них разместились названия крупным шрифтом, который участник может легко читать, располагаясь за столом. Дается задача группировать элементы в удобные, по мнению испытуемого, группы с просьбой обосновать предлагаемые варианты. Далее результаты обрабатываются, находят наиболее предпочитаемые варианты группировок элементов. Особое внимание обращают на карточки, которые плохо сортируются и не входят в выделенные группы.

Достоинства метода карточной сортировки:

- он лёгок и дешёв в проведении;
- позволяет понять, как «реальные люди» формируют вероятные группы;
- выделяет группируемые пункты, которые, вероятно, будут трудными для отнесения пользователями в определённые категории;
- позволяет находить терминологию для обозначения элементов рабочего поля, которая, с большой вероятностью, может быть неправильно истолкована пользователем.

В юзабилити используются **VIMM**-принципы проектирования интерфейса:

Visual — оптимизация визуального восприятия:

- предоставление оператору предварительного просмотра и простой отмены действия;
- объединение информации и меток в понятные и удобные оператору группы;
- исключение неуместных цветов.

Intellect — упрощение принятия решений:

- применение контролеров;
- эффективная обратная связь от системы.

Memory — минимизация нагрузки на память:

- выделение возможностей;
- проектирование для узнавания, а не для запоминания;
- представление выбора по умолчанию.

Motor — минимизация взаимодействия:

- использование небольших расстояний и крупных объектов;
- оптимизация устройств ввода;
- уменьшение количества окон и шагов.

По окончании процедур проектирования пользовательского интерфейса наступает этап *юзабилити тестирования*, под которым понимают экспериментальные методы, построенные на наблюдениях и проведении специализированных интервью, направленных на выяснение того, как пользователи используют продукт.

Наиболее часто при тестировании используют: методы эвристической оценки (Heuristic Evaluation), удалённого тестирования (Remote Testing), фокус групп, прямое наблюдение за пользователем, метод «мысли вслух» (think aloud protocol), проверку качества восприятия, измерение производительности, использование контрольных списков (checklist).

Для процедур тестирования стандартным образом приглашается небольшая группа потенциальных пользователей системы, каждый из которых выполняет серию заранее разработанных заданий. Экспериментатор отмечает, с какими сложностями сталкиваются пользователи, и делает выводы о качестве тестируемого интерфейса.

Метод эвристической оценки использует экспертную оценку, которая осуществляется по определённым критериям с последующим анализом полученных результатов. В качестве *критериев* могут выступать:

- наглядность представления состояний анализируемой системы;
- связь системы с реальным миром, управляемость и свобода действий пользователя в системе;
- реализация в системе стандартов и возможность использовать типовые действия;
- наличие возможностей по предотвращению ошибок пользователя;

- гибкость и эффективность использования интерфейса;
- эстетика и минимализм дизайна;
- наличие в системе диагностических функций и возможностей её восстанавливать после сбоев и ошибок;
- наличие и качество эксплуатационной документации и информационно-справочной поддержки пользователя.

Удалённое тестирование включает использование регистрационной аппаратуры, передающей диагностическую информацию экспериментатору, находящемуся в другом месте или в другое время. Вариантом этого метода служит тестирование через сети Интернет.

Прямое наблюдение за пользователем осуществляется теневым методом (*Shadowing Method*) при использовании полупрозрачного зеркала (зеркала Гезелла), разделяющего помещения скрытых наблюдателей и зону, в которой работает участник эксперимента. Поведение испытуемого фиксируется с помощью фото- и видеотехники.

Техника «мысли вслух» заключается в вербализации мыслей, ощущений и мнений пользователей в процессе их взаимодействия с тестируемой системой при выполнении тестовых задач. Эта методика полезна для понимания ошибок, допущенных пользователем, и получения представления о том, что привело к этим ошибкам. В результате можно понять, как улучшить исследуемый интерфейс для избегания подобных проблем.

Контрольный список представляет собой документ, содержащий список требований к системе или её части. На его основе проводится анализ пользовательских качеств системы. Каждому свойству присваивается весовой коэффициент. При оценке используют сумму коэффициентов, которая в результате должна быть больше некоторой заранее заданной величины.

Практика показывает высокую экономическую эффективность юзабилити, применение которого на ранних этапах проектирования позволяет значительно сэкономить время и трудовые ресурсы разработчиков. При этом увеличивается производительность труда пользователя, уменьшаются время и затраты на проектирование и обслуживание. Отмечен рост

удовлетворённости пользователей. В результате растут объёмы продаж продукта и доходы компаний, использующих методы юзабилити.



Контрольные вопросы по главе

1. Что такое инженерно-психологическое проектирование?
2. В чём особенности синтетического подхода в инженерно-психологическом проектировании?
3. В чём сущность системного подхода?
4. Назовите основные требования к информационной модели.
5. Каким требованиям должны отвечать кодовые знаки, применяемые в средствах отображения информации?
6. В чём специфика применения цветового кодирования?
7. Назовите способы организации зрительной информации, способствующие её улучшенному восприятию.
8. В каких случаях применяют слуховые средства предъявления информации?
9. Каким требованиям должны отвечать предупреждающие звуковые сигналы?
10. В чём специфика применения тактильных средств предъявления информации?
11. Приведите классификацию органов управления.
12. Назовите примеры учёта при проектировании органов управления, сложившихся у человека стереотипных движений.
13. По каким наиболее важным критериям проектируется рабочее место оператора?
14. Назовите основные особенности деятельности оператора в системах виртуальной реальности в условиях боя.
15. Что такое надёжность оператора?
16. Чем обусловлена надёжность человека — оператора и какие факторы её снижают?
17. Перечислите основные показатели надёжности оператора и дайте их краткие характеристики.
18. Что такое психофизиологическая цена деятельности?
19. Какие факторы обеспечивают работоспособность оператора?
20. Назовите фазы работоспособности.
21. Что такое интерфейс?
22. Что такое виртуальная реальность?
23. Что такое система виртуальной реальности?
24. Что такое индуцированная виртуальная среда?

25. Опишите метод прототипирования.
26. Перечислите критерии, используемые в методе эвристической оценки.
27. С какой целью в юзабилити используется зеркало Гезелла?
28. Опишите метод карточной сортировки, его достоинства и ограничения.

Темы для групповой дискуссии

1. Как обеспечить надёжность деятельности оператора в СЧМ при работе в экстремальных условиях?
2. В каких случаях человек увеличивает надёжность системы?
3. Разработайте структуру системы управления комплексом дистанционного управления летательным аппаратом, содержащим в своём составе систему виртуальной реальности, обеспечивающую полную интерактивность.
4. Проанализируйте инженерно-психологические проблемы систем дистанционного управления, использующих принципы виртуального моделирования среды.
5. Составьте для сотового телефона контрольный лист и проведите на его основе анализ конкретного аппарата.
6. Проведите юзабилити тестирование любого стоящего в аудитории стула методом «мысли вслух».

Литература

1. Баксанский О.Е. Виртуальная реальность и виртуализация реальности // Концепция виртуальных миров и научное познание. СПб.: РХГИ, 2000.
2. Кузьмин В.П. Системность как ступень научного познания // Системные исследования. М.: Наука, 1973.
3. Ломов Б.Ф. О системном подходе в психологии // Вопросы психологии. 1975. № 2.
4. Хрестоматия по инженерной психологии / Под ред. Б.А. Душкова. М.: Высшая школа, 1991. С. 158–197.
5. Человеческий фактор. В 6 т. Т.5. Эргономические основы проектирования рабочих мест: Пер. с англ. / К. Кремер, Д. Чэффин, М. Айюб и др. М.: Мир, 1992.
6. Никифоров Г.С. Самоконтроль человека. Л.: Изд-во ЛГУ, 1989.

7. Раскин Джеф. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем. Серия: Методология проектирования. М.: Символ — плюс, 2004.
8. Human-Computer Interaction: Concepts and Design (Hardcover) by J. Preece, Y. Rogers, H. Sharp, D. Benyon, S. Holland, T. Carey. Publisher: Addison Wesley, 1994.
9. Магазанник В.Д., Львов В.М. Человеко-компьютерное взаимодействие: Учеб. пособие для вузов. Тверь: ООО Издательство Триада, 2005.
10. ISO 9241-11: Guidance on Usability.

8

СИСТЕМА ЭРГОНОМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭРГОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕД

глава

Основная цель системы эргономического обеспечения разработки и эксплуатации эргодетехнических сред — обеспечить внедрение и использование достижений научно-технического прогресса, производственных и социально-экономических достижений страны и человечества для совершенствования эргономических свойств человеко-машинных систем, в интересах повышения их эффективности, снижения сроков освоения и обеспечения безопасного труда управляющих этими системами людей.

Эргономическое обеспечение в научном плане — создание комплекса научно-методических положений, принципов и организационно-технологических мероприятий, направленных на достижение требуемых эргономических свойств проектируемой человеко-машинной системы. Основано на исследованиях и поиске путей реализации эргономических требований к свойствам эрготехнической системы и её элементам, которые выражены в количественной и качественной форме, связаны со свойствами человека и ведут, в случае их реализации, к улучшению качества системы.

Эргономическое обеспечение в методическом плане — совокупность взаимосвязанных требований и методов их внедрения, направленных на согласование физических, антропометрических, биомеханических, физиологических, психофизиологических,

психологических характеристик и возможностей человека — оператора с техническими характеристиками системы, обеспечение параметров рабочей среды на рабочем месте.

Эргономическое обеспечение в технико-технологическом плане — совокупность методов и средств, используемых на разных этапах разработки и эксплуатации СЧМ, для создания оптимальных условий качественного обучения, эффективной, безопасной и безошибочной деятельности человека в СЧМ, для обеспечения эффективности СЧМ в целом.

8.1. Особенности системы эргономического обеспечения разработки и эксплуатации систем «человек — машина»

Система эргономического обеспечения разработки и эксплуатации систем «человек — техника» (СЭОРЭ) представляет собой совокупность взаимосвязанных организационных мероприятий, научно-исследовательских и проектных работ, устанавливающих эргономические требования и формирующих эргономические свойства человеко-машинных систем в процессе их разработки и эксплуатации. Эта система имеет черты самоорганизующейся социальной организации, решающей целевую задачу путём формирования профессионального дискурса, отражающего научно-практические достижения в области учёта человеческого фактора. Это динамическая система, генерирующая новую информацию, важную для проектирования СЧМ посредством профессиональных коммуникаций специалистов широкого класса дисциплин, связанных с учётом свойств человека в технической системе.

8.2. Этапы и последовательность эргономического обеспечения

Эргономическое обеспечение проектирования эргатической системы в общем случае включает этапы:

- обоснования и разработки эргономических требований;
- обеспечения проектирования системы «человек — машина»;

- эргономического проектирования системы формирования и поддержания работоспособности операторов (ФИПРО);
 - эргономического обеспечения эксплуатации.
- Кроме того, на каждом этапе проявляются общие для всех процедуры эргономического обеспечения:
- обоснования и разработки эргономических требований;
 - обеспечения проектирования системы;
 - эргономической экспертизы.

Они проявляются на всех стадиях разработки эргатической системы с различными акцентами в зависимости от задач проектирования. К завершающим стадиям проектирования возрастает роль контрольно-корректировочных операций, значение экспертизы.

На начальной фазе разработки важно определить показатели, отражающие эргономические свойства разрабатываемого изделия. Желательно, чтобы они могли быть количественно измерены, что обеспечивает возможность их сравнить до и после внедрения соответствующих изменений, повышающих эргономичность изделия. К таким показателям относятся:

- эргономичность — интегральный показатель степени выполнения эргономических требований;
- показатели качества деятельности оператора (время решения задачи, производительность, число ошибок, состояние здоровья и т.д.);
- надёжность деятельности оператора (своевременное и безошибочное выполнение функций);
- эффективность СЧМ;
- напряжённость и экстремальность деятельности и т.д.

Важно, чтобы выбранные показатели были связаны с повышением качества деятельности, что не всегда очевидно. Обоснование требований осуществляется методами научного эксперимента в поиске связей между выбранными показателями и качеством деятельности. Большую роль играют опыт и интуиция проектировщика, использование нормативно-справочных материалов. Можно говорить и о существовании определённой проектировочной культуры, возникающей в организации.

Данные, полученные на первом этапе проектирования, служат для формирования технического задания на разрабатываемую

систему, его разделов, связанных с общими и частными эргономическими требованиями к изделию.

На втором этапе проводится проектирование СЧМ и её первичная эргономическая экспертиза. Ведётся работа по трансформации общих эргономических требований в требования к элементам проектируемой системы. С этой целью проводятся исследования, создаются стенды, макетные образцы оборудования для получения данных, необходимых для эскизного проекта разрабатываемой системы. Создаётся научно-методическое и аппаратное обеспечение процедур эргономической экспертизы.

Третий этап начинается со стадии технического проектирования и завершается этапами предварительных, межведомственных или государственных испытаний. Проводится эргономическое обеспечение разработки всех физических, функциональных и экологических объектов, входящих в СЧМ, системы ФИПРО, завершается подготовка к эргономической экспертизе объекта в целом. Готовятся итоговые документы по результатам испытаний СЧМ и системы ФИПРО.

На завершающем этапе, связанном с реальным функционированием создаваемой СЧМ, внедряются ранее разработанные эргономические рекомендации по обеспечению работоспособности операторов. Результаты эксплуатации СЧМ служат для формирования эргономических требований к вновь создаваемым аналогичным системам.

8.3. Эргономические стандарты

Учёт опыта проектирования, полученного при создании образцов СЧМ, становится важной компонентой обеспечения эффективности практических приложений эргономики и инженерной психологии. Реализуется при проведении работ по стандартизации и созданию нормативно-технической и справочной документации.

В состав используемой при эргономическом проектировании документации входят: руководства по разработке техники, государственные стандарты (ГОСТ), отраслевые стандарты (ОСТ), стандарты предприятия (СТП), руководящие нормативные документы (РД).

Сегодня в России действует система стандартов ССЭТО («Система стандартов эргономических требований»). Она предусматривает следующие группы нормативных документов:

- общие положения — включают основные положения системы ССЭТО, термины, определения и т.д.;
- показатели и характеристики человека — оператора;
- общие эргономические требования к организации человеко-машинных комплексов;
- общие эргономические требования к организации деятельности операторов;
- общие эргономические требования к техническим средствам деятельности;
- требования к обитаемости;
- программы и методики эргономической экспертизы.

Основополагающие документы оформлены в виде обязательных к применению на территории России нормативных документов — государственных стандартов (ГОСТ):

- ГОСТ 20.39.108 — перечень эргономических требований к человеко-машинным комплексам;
- ГОСТ 26387-84 — Система «человек — машина» (СЧМ). Термины и определения;
- ГОСТ 30.001-83 — Система стандартов эргономики и технической эстетики.

Эргономическое обеспечение проектирования СЧМ помимо эргономических ГОСТов регламентируется требованиями единой системы конструкторской документации (ЕСКД), которая определяет порядок включения требований по эргономике в общие технические требования к создаваемой продукции.

Кроме того, действует множество отраслевых стандартов, документов министерств и ведомств, нормирующих требования к СЧМ. Мы не будем приводить в настоящем пособии всех видов нормативной документации из-за их значительного объема. Читатель может самостоятельно познакомиться с ними в процессе проектирования СЧМ. В качестве примеров нормативной документации в приложениях 1 и 2 настоящего учебного пособия приведены: Межгосударственный стандарт «Единая система конструкторской документации: стадии разработки» — ГОСТ 2.103-68 и Национальный стандарт Российской Федерации «Бе-

зопасность оборудования. Эргономические принципы конструирования» — ГОСТ Р ЕН 614-1-2003.

Отметим, что система стандартизации — это не просто собрание научно-технических рекомендаций, а живая действующая система, непрерывно совершенствующаяся под влиянием изменений в научном и практическом содержании эргономики и инженерной психологии.

8.4. Эргономическая экспертиза

Важным инструментом эргономического проектирования является *эргономическая экспертиза* — комплекс научно-технических и организационно-методических мероприятий по оценке выполнения в проектной, технической и эксплуатационной документации, опытных и серийных образцах системы «человек — машина» (СЧМ) эргономических требований, изложенных в технических заданиях, нормативно-технических и руководящих документах. В процессе эргономической экспертизы разрабатываются меры по устранению выявленных несоответствий, даются предложения по дальнейшим шагам проектирования.

Цель экспертизы — повысить эффективность СЧМ и удобство работы с ней оператора. Исходными материалами для экспертизы служат техническое задание на проектирование (разделы, связанные с эргономическими требованиями к создаваемому образцу), конструкторская документация, образцы СЧМ, рабочие документы.

Содержание эргономической экспертизы соответствует этапу проектирования. Например, на стадии технического предложения основное — распределение функций в проектируемой системе между оператором и технической частью системы. Определяется состав операторов будущей системы, их квалификация, формируется состав технических средств деятельности, оцениваются факторы рабочей среды.

На стадиях эскизного, технического и рабочего проектов функции системы распределяются между операторами, вырабатываются требования к конкретному содержанию информационной модели, алгоритмам деятельности, реализуемым на каждом рабочем месте. Идёт оценка каждого элемента рабочего места вплоть до конструктивных элементов и отдельных систем.

Для эргономической экспертизы составляется программа, в которой детально описываются все работы, которые должны быть выполнены в процессе её проведения. Программа согласовывается со всеми участниками экспертизы и утверждается руководителем проекта.

Эргономическая экспертиза проводится на всех этапах реализации проекта. Её результаты оформляются в виде акта экспертизы, в котором излагаются отмеченные недостатки, даются предложения по их устранению, назначается ответственный и срок исполнения. При невозможности реализовать в полном объёме те или иные эргономические требования составляется перечень отступлений с аргументацией последствий, вызванных данными отступлениями для системы. Акт экспертизы имеет юридическую силу и является документом, обязательным для исполнения ответственными участниками проекта.



Контрольные вопросы по главе

1. Назовите виды документации, используемой при эргономическом проектировании.
2. В чём сущность эргономической экспертизы?
3. Какие документы оформляются по результатам экспертизы?
4. Назовите этапы эргономического обеспечения проектирования.
5. Что такое эргономическое обеспечение проектирования?
6. Назовите виды эргономического обеспечения проектирования.
7. Что такое система ФИПРО?
8. Что такое эргономические стандарты?
9. Что такое система эргономического обеспечения разработки и эксплуатации систем «человек — техника» (СЭОРЭ)?
10. Опишите структуру СЭОРЭ.
11. Какие задачи решает эргономическое обеспечение в научном плане?
12. Какие задачи решает эргономическое обеспечение проектирования в методическом плане?



Темы для групповой дискуссии

1. Пути повышения качества проведения эргономической экспертизы.
2. Как провести эргономическую экспертизу системы виртуальной реальности, используемой в тренажёре водителя автомобиля?

3. Создайте проект системы эргономического обеспечения разработки и эксплуатации пультов управления энергетическими системами.

Литература

1. Фрумкин А.А., Зинченко Т.П., Винокуров Л.В. Методы и средства эргономического обеспечения проектирования. СПб: Петербургский государственный университет путей сообщения, 1999.
2. Человеческий фактор. В 6 т. Т. 4. Эргономическое проектирование деятельности и систем/Пер. с англ./Дж. О'Брайен, Х. Ван Котт, Дж. Ве-кер и др. М.: Мир, 1991.
3. Шлаен П.Я. Эргономическое обеспечение разработки и эксплуатации изделий, управляемых и обслуживаемых человеком: Учеб. пособие. М.: МАИ, 1985.

9

глава

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК — МАШИНА», ПУТИ ЕЁ ПОВЫШЕНИЯ

Конечная цель инженерно-психологического проектирования — создание человеко-машинной системы, выполняющей определённые функции, при максимальном учёте человеческого фактора. Степень соответствия параметров системы её конечным целям называется эффективностью системы «человек — машина». Эффективная система имеет наилучшие показатели использования ресурсов системы. При выборе параметров для оценки системы закладываются и критерии оценки эффективности системы в виде облака параметров разной качественной природы, но объединённых общим подходом, отражающим опыт проектировщика в создании аналогичных систем.

Оценка эффективности системы заключается в её испытаниях и оценке с точки зрения человеческих факторов, в определении уровня соответствия системы инженерно-психологическим требованиям. Эти требования зафиксированы в инженерно-психологических и эргономических стандартах. Проведение экспертизы на различных этапах процесса проектирования системы позволяет вести инженерно-психологическое проектирование. Оценке при этом подлежат: соответствие уровня подготовки и квалификации работающих характеру выполняемой работы, инженерно-психологические характеристики техники, социально-психологические факторы деятельности, условия деятельности и их соответствие психофизиологическим возможностям человека — оператора.

Для повышения эффективности работы системы «человек — машина» используется многоуровневый комплекс технико-технологических и организационно-методических решений, отражающих текущее состояние развития науки и техники в среде проектирования. Рассмотрим ряд специфических методов повышения эффективности систем, использующих психологические и инженерно-психологические знания. Это методы профессионального отбора и обучения, использование социологических и социально-психологических методов.

9.1. Надёжность оператора и системы «человек — машина». Ресурсный подход

Оператор как элемент СЧМ характеризуется понятием надёжности — способностью сохранять требуемое качество в установленных условиях работы. В.Д. Небылицин считал, что «надёжность человека — оператора» обусловлена тремя основными факторами:

- степени согласования техники и психофизиологическими возможностями оператора по решению возникающих задач;
- уровнем обученности и тренированности оператора;
- его физиологическими данными, в частности особенностями нервной системы, состоянием здоровья, порогами чувствительности, психологическими особенностями личности.

Надёжность оператора значительно снижается при нештатных и экстремальных условиях деятельности. Это учитывается при проектировании путём резервирования, дублирования функций, введения контуров разгрузки оператора.

Надёжность оператора характеризуется показателями безошибочности, готовности, восстанавливаемости и своевременности.

Безошибочность определяется по вероятности безошибочной работы, которая зависит от психофизиологического состояния оператора и является переменной величиной в течение рабочего периода.

Готовность оператора представляет собой вероятность включения оператора в работу в любой произвольный момент времени.

Восстанавливаемость оператора связана с возможностью самоконтроля оператором своих действий и исправлением допущенных ошибок.

Надёжность оператора обеспечивается при наличии у него ресурсов физических, интеллектуальных и иных. Понятие ресурса связано с психофизиологическими затратами, определяющими психофизиологическую «цену деятельности». Каждая задача, возникающая перед оператором в процессе достижения профессиональной цели, требует вовлечения в её решение определённого ресурса — физического, психофизиологического, психологического или их комбинации. Увеличение ответственности за результат ведёт к появлению избыточных степеней контроля, снижению эффективности оператора, развитию психического стресса. Рабочая среда формирует в операторе «функциональное состояние», обеспечивающее работоспособность.

Работоспособность зависит от множества факторов и имеет стадийный характер. Первая стадия — вработка или стадия нарастающей работоспособности. При этом в трудовую деятельность вовлекаются все необходимые ресурсы, организм освобождается от не связанных с профессией функций. Вторая стадия — устойчивая работоспособность. Наблюдается оптимальное сочетание качеств, ведущее к высокой эффективности деятельности. Третья стадия связана с нарастающим утомлением и характеризуется ростом напряжённости и перестройкой функциональной системы по мере расходования ресурсов. Увеличивается число ошибок, сбоев при выполнении деятельности.

Одним из существенных психологических механизмов повышения надёжности оператора в профессиональной деятельности является самоконтроль, который позволяет своевременно предотвратить или обнаружить совершённые в процессе деятельности ошибки.

9.2. Профессиональный отбор и обучение операторов

Профессиональная подготовка оператора протекает в рамках «системы профессиональной подготовки», состоящей из четырёх компонент: профессионального отбора, обучения, поддержа-

ния и совершенствования профессионального мастерства, формирования трудовых коллективов.

«Профессиональный отбор» — система мероприятий, направленных на выявление лиц, по своим психофизиологическим качествам и свойствам личности наиболее пригодных к обучению и выполнению конкретной профессиональной деятельности.

Профессиональный отбор необходим в случае, когда требования, предъявляемые к человеку — оператору, столь высоки или специфичны, что не каждый претендент на эту профессию может их выполнить даже при предварительном обучении. Например, работать при действии стрессогенных факторов могут только люди с особыми свойствами нервной системы.

Существует две классические задачи профотбора: отбор кандидатов из неограниченного контингента претендентов на ограниченное число специальностей (например, отбор в отряд космонавтов) и задача рационального распределения («профдифференциация») ограниченного контингента претендентов на ряд специальностей (например, распределение по профессиям молодых солдат, поступивших в воинскую часть).

Эти задачи решаются при использовании процедур психологического тестирования и определения соответствия психологического профиля претендента профилю профессии. Степень соответствия определяет уровень *профессиональной пригодности* кандидата.

Эффективность профессионального отбора зависит от «трудности профессии» и от «цены ошибки» при неправильных действиях оператора. Поэтому отбор эффективен при работе человека в экстремальных условиях в системах, где надёжность комплекса «человек — машина» определяется главным образом человеческим звеном. Это авиационно-космические системы, системы объектов военной техники и вооружений, системы управления динамическими объектами и быстропротекающими процессами и т.д.

После отбора кандидатов наступает этап профессионального обучения, цель которого — создать условия для усвоения обучаемым определённой совокупности знаний, умений и навыков, обеспечивающих его эффективную деятельность в СЧМ. Содержание учебных курсов определяется содержанием будущей профессиональной деятельности и строится с использованием ме-

тодов обучения, реализующих дидактические принципы — от «простого к сложному», поэтапного формирования навыков, формирующего влияния обучающей среды. Выбор методов обучения зависит от типа задач, выполняемых в рамках профессии. Задачи можно условно разделить на «простые» и «сложные». «Простые» не требуют специализированного обучения и могут выполняться оператором без дополнительного обучения. Сложные задачи не могут быть освоены без специального обучения. К таким задачам, например, можно отнести вождение автомобиля, управление самолётом, энергетической установкой.

Обучение оператора непосредственно на управляемом объекте часто невозможно из-за сложности алгоритмов управления и высокой цены использования реальной техники в целях обучения. Например, час полёта на современном самолёте-истребителе стоит несколько десятков тысяч рублей, а эффект обучения за это время при начальном обучении невелик. Вследствие этого для обучения операторов человеко-машинных систем применяются имитационные и тренажёрные системы. «Имитаторы» — технические устройства, реализующие отдельные элементы реального объекта, отражающие определённую степень подобия. Чаще всего это внешнее визуальное подобие. Имитатор внешнего вида объекта или его элементов называют «макетом». Тренажёр реализует отдельный фрагмент реальной деятельности и позволяет организовать процесс тренировки в виде многократного повторения изучаемого действия.

Процесс подготовки оператора осуществляется в рамках **системы профессиональной подготовки**, состоящей из подсистем технических средств, организационно-методических и средств психолого-педагогического обеспечения. Этот комплекс обеспечивает существование **обучающей среды**, в рамках которой происходит интерактивный процесс взаимодействия инструктора с обучаемым, направленный на изменение свойств последнего для придания ему **профессиональной готовности** к решению профессиональной задачи. Понятие профессиональной готовности включает в себя наличие у оператора необходимого комплекса знаний, умений, навыков по управлению СЧМ и ряда личностных свойств (морально-психологической устойчивости, умения работать в коллективе, готовности к решению задач в условиях неопределённости), обеспечивающих в целом его эффективную профессиональную деятельность. Очевидно, что это понятие шире, чем понятие **обученность**, которое содержит в себе только технологическую часть навыков и умений по применению техники.

Основным техническим средством, обеспечивающим реализацию дидактических задач по формированию элементов профессиональной готовности оператора СЧМ, является тренажёр.

ГОСТ 21036-75 определяет тренажёр как *«техническое средство профессиональной подготовки человека — оператора, предназначенное для формирования и совершенствования у обучаемых профессиональных навыков и умений, необходимых им для управления материальным объектом, путём многократного выполнения обучаемым действий, свойственных управлению реальным объектом»*.

ГОСТ 26387-84 определяет тренажёр как *«техническое средство профессиональной подготовки оператора СЧМ, отвечающее требованиям методик подготовки, реализующее модель СЧМ и обеспечивающее контроль качества деятельности обучаемого»*.

В первом определении сделан упор на педагогический метод повторения, что не совсем точно отражает современный уровень развития технических, психологических и педагогических знаний, отражаемых в понятии «тренажёр». Во втором определении утверждается необходимость наличия в тренажёре модели СЧМ, что также не всегда верно. Более точно можно определить *тренажёр как техническую систему, реализующую искусственную обучающую среду, деятельность в которой приводит к формированию у обучаемого требуемого уровня профессиональной компетенции*.

В приложении к тренажёрам операторов, управляющих динамическими объектами, конструктивно более узкое определение тренажёра оператора. *Это техническая система, моделирующая с определённым уровнем подобия (вплоть до полного) элементы и условия применения реальной СЧМ в обучающей среде, деятельность в которой приводит к формированию и поддержанию у оператора требуемого уровня профессиональной готовности*. Отметим в этом определении новое для нас понятие «обучающая среда». Оно содержит в своей основе специально организованные с учётом психологии обучения и поведения человека искусственные миры, деятельность в которых активно формирует качества профессионала, которые могут быть перенесены на реальную деятельность.

В тренажёре формируются физическая или функциональная модели технической части СЧМ (или её функционально законченных элементов) и её взаимодействие с внешней средой. При этом в соответствии со сценарием и этапами обучения из-

бирательно моделируются только те элементы реальной деятельности, которые необходимы на том или ином этапе профессиональной подготовки.

Тренажёр позволяет реализовать деятельность оператора в модельной ситуации, выполнение которой на реальной технике невозможно. В ряде случаев тренажёрная подготовка является единственным методом обеспечения профессиональной готовности оператора.

Необходимо отличать тренажёры от **имитаторов и наглядных пособий**, задача которых состоит в воспроизведении отдельных свойств элементов технической системы, их внешнего вида, не связанного с операциональным составом деятельности оператора. Основным критерием выделения действий, выполняемых на тренажёре, из целостной профессиональной деятельности является критерий их соответствия действиям, по своей **психологической структуре** одинаковым с выполняемым в реальной деятельности (К.К. Платонов). В психологическую структуру действия входят его цель, особенности восприятия, внимания, мышления, особенности движений, которыми реализуется это действие, и т.д. Сложную деятельность можно раздробить на отдельные действия, их группы для раздельной тренировки.

В зависимости от решаемых задач выделяют тренажёры для формирования отдельных элементов деятельности операторов — **парциальные тренажёры и комплексные тренажёры** — реализующие целостную деятельность оператора. К *парциальным* относятся тренажёры:

- по изучению материальной части СЧМ;
- по формированию сенсомоторных навыков;
- для формирования навыков работы с приборами управления;
- по подготовке и развёртыванию системы;
- решения задач работы в составе рабочей группы поиска и устранения неисправностей;
- решения алгоритмических задач.

Комплексные тренажёры вовлекают оператора в решение задач целостной деятельности, близкой по своей психологической структуре реальной боевой деятельности в условиях, порождающих соответствующие эмоциональные состояния. В комплекс-

ных тренажёрах часто моделируются физические условия применения СЧМ, не связанные непосредственно с выполняемой задачей управления — механическая вибрация, рабочий объём, звуковые эффекты работы машин и механизмов и т.д.

Тренажёр должен обеспечивать **перенос навыков**, получаемых в обучающей ситуации, на реальную деятельность. Это сложная задача, о решении которой необходимо всегда помнить, так как работа на тренажёре может приводить к появлению **ложных навыков** и их интерференции. Эффективная работа на тренажёре не всегда приводит к столь же эффективной работе в реальной СЧМ. Иногда целесообразно применять **корректирующие тренажёры** — предназначенные для устранения отдельных, но стойких ошибочных действий.

В общем плане тренажёр оператора состоит из подсистемы сенсорного моделирования (визуальных, слуховых, тактильных воздействий), подсистемы моделирования органов управления и рабочего места оператора, подсистемы объективного контроля, подсистемы моделирования учебных задач и создания обратной связи, подсистемы обеспечения деятельности инструктора, подсистемы документирования результатов обучения, подсистемы оперативной диагностики состояния оператора. Эти элементы структуры в некоторых тренажёрах могут отсутствовать или заменяться организационно-методическими мероприятиями и приёмами из соображений технической и экономической целесообразности.

Основной проблемой при создании тренажёра является проблема подобия реализуемой в тренажёре модели реальному объекту управления. Максимальное подобие не всегда обеспечивает необходимые дидактические свойства тренажёру как элементу системы подготовки. Высокая сложность и цена реальных объектов управления ведут к низкой пропускной способности систем подготовки с тренажёрами высокой степени подобия. Вместе с тем низкая степень имитации, особенно динамических свойств реального объекта управления, ведёт к появлению проблемы переноса навыков, полученных на тренажёре, на деятельность в реальном объекте. В настоящее время строгого научного решения проблемы переноса навыков нет. В практике процессы создания тренажёров имеют эмпирический характер. Тренажёр — элемент системы профессиональной подготовки, имеет специфические элементы, позволяющие повысить его эффективность:

- систему объективного контроля;
- систему формирования и предъявления учебных задач;
- систему мотивирования.

Система объективного контроля осуществляет оценку действий оператора в учебной задаче, даёт обратную связь инструктору для корректировки управляющих действий, обеспечивает документирование результатов процесса обучения и тренировки. Основная проблема при проектировании систем контроля — выбор критериев оценки учебной деятельности.

Система формирования и предъявления учебных задач обеспечивает создание последовательности учебных задач для реализации учебного процесса. Основная проблема — выбор сложности учебных задач, которые должны иметь степень сложности, обеспечивающую реализацию принципа обучения «от простого к сложному».

Система мотивирования служит для обеспечения оптимального психического состояния оператора в процессе обучения и тренировки. Создаётся, например, при введении в тренировочные задачи игровых элементов, реализующих мотивацию достижения.

Поддержание и совершенствование профессионального мастерства операторов обеспечиваются периодической аттестацией и профессиональными тренингами. Используют системы непрерывного образования, в которых тренировочные модули встраиваются в реальные объекты управления.

В процессе реальной деятельности периодически имитируются внештатные и экстремальные ситуации, анализ деятельности в которых является источником корректирующей информации для операторов и тренеров.

9.3. Групповая деятельность операторов

Многие виды технических систем для своего функционирования требуют совместной работы целого ряда специалистов, выполняющих функции управления отдельными элементами. Примерами данных систем служат системы управления энергетическими установками, полётом космических кораблей, перемещением и

функционированием сложных объектов военной техники. Особенности работы человека в этих системах связаны с появлением эффектов организационных систем, элементов социальной психологии, коллективного принятия решений. Возникают проблемы общения — специализация в рамках сложных систем препятствует адекватному общению специалистов работающих с разными моделями и использующих отличающийся понятийный язык.

Групповая деятельность предполагает наличие организационной структуры, построенной по иерархическому принципу: наличие руководителя, осуществляющего координирующие и целеполагающие функции и исполнителей, решающих локальные задачи управления. Цель групповой деятельности: обеспечить деятельность системы. Управление группой предполагает наличие административной системы, которая осуществляется с помощью систем коммуникации и является дополнительным фактором, влияющим на поведение оператора в процессе выполнения задачи управления. Наличие высокой концентрации власти у руководителя приводит к особым формам управления в форме приказа. Задача руководителя сводится к созданию обстановки, в которой операторы системы строят своё поведение в наиболее рациональном виде. При этом разрешаются конфликты, возникающие в процессе деятельности, снимается неопределённость, связанная с недостаточной информацией, рационально распределяются ресурсы системы.

Планирование и создание организационных структур выходит за рамки инженерной психологии в её классическом варианте и решается в основном средствами социальной психологии. Тем не менее, разработчики СЧМ не должны недооценивать значение этого фактора в своей практической деятельности.

9.4. Психологические аспекты эксплуатации человеко-машинных систем

Основными задачами обеспечения эксплуатации СЧМ являются:

- задачи обеспечения безопасности работы обслуживающего персонала;
- поддержания требуемого уровня качества функционирования человеческого звена.

Безопасность включает проведение ряда мероприятий для предупреждения возможных ситуаций в работе системы, ведущих к несчастным случаям. Это комплексная задача, решаемая как на стадиях проектирования СЧМ, так и в процессе учёта личностного фактора. Существует четыре основных подхода к учёту человеческого фактора для обеспечения безопасности:

- применение методов проектирования СЧМ, создающих рабочую обстановку, в которой квалификация операторов используется с максимальной эффективностью;
- планирование организационных структур, ведущих к безопасной работе;
- обучение специалистов распознавать факторы риска, работать в нештатных ситуациях;
- тренировка действий в нештатных ситуациях.

Поддержание качества функционирования человеческого звена включает комплекс методов по обеспечению условий труда и отдыха, психологической реабилитации, исключения монотонных и экстремальных условий деятельности.



Контрольные вопросы по главе

1. Сформулируйте содержание понятия «эффективность системы диспетчерского управления энергоблоком тепловой электростанции».
2. Что оценивается при инженерно-психологической экспертизе тренажёра водителя автомобиля?
3. Когда возникает необходимость в профессиональном обучении оператора системы управления?
4. Чем отличается тренажёр от имитатора?
5. Перечислите инженерно-психологические проблемы, возникающие при комплексном применении средств спасения при чрезвычайной ситуации.
6. Какие подходы используются для обеспечения безопасности СЧМ?
7. В чём может проявиться «проблема понимания» оператором инструкций?
8. В чём состоят основные задачи руководителя управляющего рабочей группой?
9. Чем обеспечивается надёжность человека — оператора в СЧМ?
10. Что обеспечивает готовность оператора к работе в СЧМ?
11. Опишите стадии работоспособности человека в процессе трудовой деятельности.
12. Что такое профотбор?
13. В каких случаях профотбор не имеет смысла?

14. Назовите признаки организационной структуры.
15. Что такое система профессиональной подготовки?
16. Что такое обученность?
17. Что такое профессиональная готовность?

Темы для групповой дискуссии

1. Разработайте требования к системе коммуникации группы операторов, решающих общую задачу управления межпланетным зондом.
2. Сформулируйте требования к тренажёру расчёта комбинированной системы управления боевым самолётом.

Литература

1. Вудсон У., Коновер Д. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов. М., 1968.
2. Хрестоматия по инженерной психологии / Под ред. Б.А. Душкова. М.: Высшая школа, 1991.
3. Суходольский Г.В. Структурно-алгоритмический анализ и синтез деятельности. Л., 1976.
4. Суходольский Г.В., Скалецкий Е.К., Гусев Г.И. Метод оптимальной компоновки рабочего места человека — оператора: Препринт доклада. М., 1971.
5. Практикум по инженерной психологии и психологии труда: Учебное пособие / Зинченко Т.П., Суходольский Г.В., Дмитриева М.А. и др. Л.: Изд-во ЛГУ, 1983.
6. Никифоров Г.С. Самоконтроль человека. Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. С. 142–169.
7. Небылицин В.Д. К изучению надёжности работы человека — оператора в автоматизированных системах // Вопросы психологии. 1961. № 6.
8. Сергеев С.Ф. Средо-ориентированное обучение // Новые ценности образования: тезаурус для учителей и школьных психологов / Редактор-составитель Н.Б. Крылова. М., 1995.
9. Платонов К.К. Психологические вопросы теории тренажёров // Вопросы психологии. 1961. № 4.

Заключение

В настоящем курсе лекций автор попытался дать слушателям начальную информацию о структуре и содержании эргономического и инженерно-психологического знания. Этого, конечно, далеко не достаточно, чтобы успешно работать в области учёта человеческого фактора. Сферы приложений инженерной психологии и эргономики непрерывно расширяются в связи с развитием компьютерных коммуникационных сред, повышением уровня интеллектуальности окружающих нас бытовых приборов, техники и технологий. Практика требует от инженерного психолога серьёзной непрерывной работы над собой и содержит элементы искусства и творчества. Вместе с тем это широкий рынок приложения способностей, знаний и умений, в котором могут быть удовлетворены любые Ваши потребности и амбиции. Желаю успехов!

Список сайтов по инженерной психологии и эргономике:

1. Human Factors and Ergonomics — English URL: <http://www.user-nomics.com/hf.html> — Ресурсы Интернет по человеческим факторам и эргономике.

2. Ergoworld — English URL: <http://www.interface-analysis.com/ergoworld/> —

Обеспечивает информацией об эргономике, промышленной эргономике, проектировании интерфейсов и юзабилити.

3. Bad Human Factors Designs — English URL: <http://www.bad-designs.com/> Альбом иллюстрированных примеров вещей, которые трудно использовать, потому что они не учитывают человеческий фактор.

4. Юзабилити в России <http://usability.ru/> — Эргономика, инженерная психология, usability engineering. Статьи, библиотека, глоссарий, форум.

5. Хроники Юзабилити <http://www.gui.ru> — Юзабилити и дизайн интерфейсов: события, идеи, методы, обсуждения.

6. HCI, эргономика <http://www.hci.ru> — статьи и библиография по исследованиям в области человеко-компьютерного взаимодействия (Human — Computer Interaction (HCI)).

7. Межрегиональная эргономическая ассоциация <http://www.ergo-org.ru/>. — Объединение российских специалистов по эргономике.

8. <http://www.usability.gov> — портал по web-usability (США).

9. Human Factors and Ergonomics Society (HFES) <http://www.hfes.org/web/Default.aspx> — Крупнейшая в мире ассоциация эргономистов. Новости, публикации, общение, трудоустройство, образование.

10. Ресурсы по HCI <http://oldwww.acm.org/perlman/service.html> — подборка информационных и обучающих материалов по HCI, профессиональный сервис от Гарри Перлмана (Gary Perlman).

Список сайтов по эргономике и инженерной психологии

11. Проектирование интерфейсов <http://uidesign.ru/> — корпоративный сайт компании UIDesign Group.

12. The Usability Professionals' Association (UPA) <http://upassoc.org> — сайт профессиональной юзабилити ассоциации.

Библиография

1. Адамс Д. Поведение человека — оператора в процессе слежения // Инженерная психология. М., 1964.
2. Акишиге И. Перцептивное пространство и закон сохранения перцептивной информации // Восприятие пространства и времени. Л., 1969.
3. Алякринский Б.С. Зрительное восприятие в условиях дефицита времени: Автореф. дисс. М., 1953.
4. Ананьев Б.Г. Теория ощущений. Л., 1961.
5. Андерсон Дж. Когнитивная психология. СПб.: Питер, 2002.
6. Аруин А.С., Зациорский В.М. Эргономическая биомеханика. М.: Машиностроение, 1989.
7. Багрова Н.Д. Фактор времени в восприятии человека. Л.: Наука, 1980.
8. Береговой Г.Т., Пономаренко В.А. Психологические основы обучения человека —оператора готовности к действиям в экстремальных условиях // Вопросы психологии. 1983. С. 23–32. № 1.
9. Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М.: Медицина, 1966.
10. Бернштейн Н.А. О построении движений. М.: Медгиз, 1947.
11. Бодров В.А., Зазыкин В.Г., Чернышев А.П. Компенсаторное слежение за гармоническим сигналом // Инженерная психология. М. 1977. С. 285–302.
12. Бодров В.А. Психологическая оценка подготовленности операторов к действиям в проблемных ситуациях при тренажёрной подготовке // Принципы и методы повышения эффективности тренажёрной подготовки (психологические аспекты). М., 1990.
13. Бойко М.И., Реброва Н.П. и др. К вопросу об оптимизации органов ручного управления. Материалы Всесоюзного совещания по робототехническим системам. Владимир, 1978.

14. Брунер Дж. Психология познания. М., 1977.
15. Величковский Б.М. Зрительная память и модели переработки информации человеком // Вопросы психологии. 1977. № 6.
16. Венда В.Ф. Системы гибридного интеллекта: Эволюция, психология, информатика. М.: Машиностроение, 1990.
17. Вудвортс Р. Экспериментальная психология. М., 1950.
18. Ганюшкин А.Д. Исследование состояния психической готовности к деятельности в экстремальных условиях. Автореф. дисс. Л., 1972.
19. Горбов Ф.Д., Лебедев В.И. Психоневрологические аспекты труда операторов. М.: Медицина, 1975.
20. Гордеева Н.Д., Зинченко В.П. Функциональная структура действий. М., 1982.
21. Дикая Л.Г., Салманина О.М. Изучение психофизиологических механизмов регуляции функциональных состояний в экстремальных условиях // Системный подход к психофизиологической проблеме. М., 1982. С. 135–140.
22. Дмитриева М.А., Крылов А.А., Нафтульев А.И. Психология труда и инженерная психология. Л., 1979.
23. Душков Б.А., Королёв А.В., Смирнов Б.А. Основы инженерной психологии. М., 2002.
24. Забродин Ю.М., Зазыкин В.Г. Основные направления исследований деятельности человека — оператора в особых и экстремальных условиях // Психологические проблемы деятельности в особых условиях/ Под ред. Б.Ф. Ломова и Ю.М. Забродина. М.: Наука, 1985. С. 5–16.
25. Завалова Н.Д., Ломов Б.Ф., Пономаренко В.А. Образ в системе психологической регуляции деятельности. М.: Наука, 1986.
26. Завалова Н.Д., Ломов Б.Ф., Пономаренко В.А. Принцип активного оператора и распределение функций между человеком и автоматом // Вопросы психологии. 1971. № 3. С. 3–12.

27. *Зазыкин В.Г.* Применение принципа инвариантности к анализу и проектированию систем «человек — машина» // Психологические проблемы деятельности в особых условиях / Под ред. Б.Ф. Ломова и Ю.М. Забродина. М.: Наука, 1985. С. 17-38.
28. *Зараковский Г.М.* Психологический анализ трудовой деятельности. М., 1966.
29. *Зараковский Г.М., Павлов В.В.* Закономерности функционирования эргатических систем. М.: Радио и связь, 1987.
30. *Зинченко В.П.* Теоретические проблемы восприятия // Инженерная психология / Под ред. А.Н. Леонтьева, В.П. Зинченко, Д.Ю. Панова. М.: МГУ, 1964.
31. *Зинченко В.П.* Микроструктурный анализ перцептивных процессов // Психологические исследования. Вып. 6. М., 1976. С.19-31.
32. *Зинченко В.П., Мунипов В.М.* Эргономика. М.: Тривола, 1996.
33. *Зинченко Т.П.* Методы исследования и практические занятия по психологии памяти. Душанбе, 1974.
34. *Зинченко Т.П.* Оpozнание и кодирование. Л.: Изд-во ЛГУ, 1981.
35. *Зинченко Т.П., Фрумкин А.А.* Новая технология в профессиональной психодиагностике // Психологические исследования. Вып. 1. СПб., 1997.
36. *Зинченко Т.П.* Когнитивная и прикладная психология. М.: Московский психолого-социальный институт; Воронеж: Изд-во НПО Модэк, 2000.
37. *Ильин Е.П.* Нейродинамические особенности личности и эффективность деятельности // Личность и деятельность: Межвуз. сб. Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. С. 74-91.
38. *Ительсон Л.Б.* Парадоксы восприятия и экстраполяционные механизмы перцепции // Вопросы психологии. 1971. № 1.
39. *Кеннон У.* Физиология эмоций. Л.: Прибой, 1927.

40. *Клацки Р.* Память человека. М., 1978.
41. *Кондюрин В.Д., Сизов В.Е.* О вероятности визуального опознавания различных контуров // Проблемы инженерной психологии. М., 1968.
42. *Коротеев Г.Л., Чернышев А.П.* Профессиональная пригодность и способности обучаемого // Психологический журнал. 1989. № 3.
43. *Котик М.А.* Курс инженерной психологии. Таллин: Валгус, 1978.
44. *Кремень М.А.* Психологическая структура деятельности оператора в режиме слежения // Вопросы психологии. 1977. № 6.
45. *Крылов А.А.* Человек в автоматизированных системах управления. Л.: Изд-во ЛГУ, 1972.
46. *Леёнова А.Б.* Психодиагностика функциональных состояний человека. М., 1984.
47. *Ломов Б.Ф.* Человек и техника. М.: Советское радио, 1966.
48. *Ломов Б.Ф.* О структуре процесса опознания. 18-й международный психологический конгресс. М., 1966.
49. *Ломов Б.Ф., Сурков Е.Н.* Антиципация в структуре деятельности. М., 1980.
50. *Ломов Б.Ф.* Методологические и теоретические проблемы психологии. М.: Наука, 1984.
51. *Методология инженерной психологии, психологии труда и управления: Сб. статей.* М.: Наука, 1981.
52. *Мунипов В.М., Зинченко В.П.* Эргономика: человеко-ориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник. М.: Логос, 2001.
53. *Найсер У.* Познание и реальность. М., 1981.
54. *Нафтульев А.И.* Инженерно-психологическая концепция тре-

нажёров для подготовки оперативного персонала // Техника, экономика, информация. Сер. Эргономика. 1986. Вып. 1–2. С.62–66.

55. Небылицин В.Д. Надёжность работы оператора в сложной системе управления // Инженерная психология. М., 1964. С. 358–367.

56. Никифоров Г.С. Самоконтроль как механизм надёжности человека — оператора. Л., 1977.

57. Основы инженерной психологии / Б.А. Душков, Б.Ф. Ломов, В.Ф. Рубахин и др. М.: Высшая школа, 1986.

58. Ошанин Д.А., Кремень М.А., Кулаков В.П. О динамике оперативных образов в процессах слежения с экстраполяцией // Новые исследования в психологии. 1973. № 2. С. 50–52.

59. Пископпель А.А., Вутетич Г.Г., Сергиенко С.К., Щедровицкий Л.П. Инженерная психология. М., 1994.

60. Пономаренко В.А., Лапа В.В. Психофизиологические основы подготовки оператора к действиям в аварийных ситуациях // Техника, экономика, информация. Сер. Эргономика. 1987. Вып.1. С.166–171.

61. Потапова А.Я. Об условиях, затрудняющих протекание опознавательных процессов // Вопросы психологии. 1969. № 4.

62. Розе Н.А. Психомоторика взрослого человека. Л., 1970.

63. Рок И. Введение в зрительное восприятие: Кн. 1–2. М.: Педагогика, 1980.

64. Рубахин В.Ф. Психологические основы обработки первичной информации. Л., 1974.

65. Сергеев С.Ф. Инженерно-психологическое проектирование системы профессиональной подготовки операторов систем слежения, работающих в экстремальных условиях: Автореф. дисс. ... канд. психол. наук. Л., 1987.

66. Соловьёва И.Б. Экспериментальное моделирование и исследования деятельности оператора в условиях эмоционального стресса // Психологический журнал. 1983. Т. 4. № 3.

67. *Солсо Р.Л.* Когнитивная психология. М.: Тривола, Либерея, 2002.
68. Справочник по инженерной психологии / Под ред. Б.Ф. Ломова. М.: Машиностроение, 1982.
69. *Стрелков Ю.К.* Инженерная и профессиональная психология: Учеб. пособие для вузов. М.: Академия, 2005.
70. *Суходольский Г.В.* Основы психологической теории деятельности. Л.: Изд-во ЛГУ, 1988.
71. *Теплов Б.М.* Избранные труды. В 2 т. М.: Педагогика, 1985.
72. *Узнадзе Д.Н.* Экспериментальные исследования по психологии установки. Тбилиси, 1963.
73. *Фаерман М.А.* Влияние контраста и углового размера объекта на скорость зрительных задач обнаружения и опознания // Светотехника. 1966. № 5.
74. *Холодная М.А.* Психология интеллекта: парадоксы исследования. СПб.: Питер, 2001.
75. *Цибулевский И.Е.* Ошибочные реакции человека — оператора. М., 1979.
76. *Чернышев А.П.* К вопросу об инженерно-психологическом проектировании полуавтоматических систем управления // Психологический журнал. 1980. № 5. С. 105–117.
77. *Шадриков В.Д.* Проблемы системогенеза профессиональной деятельности. М., 1982.
78. *Шехтер М.С.* Зрительное опознание. Закономерности и механизмы. М., 1981.
79. *Шкуратова И.П.* Исследование особенностей общения в связи с когнитивным стилем личности: Дисс... канд. психол. наук. Л., 1982.
80. *Штейнбух К.* Автомат и человек. Кибернетические факты и гипотезы / Пер. с нем. М.: Советское радио, 1967.

81. Экман Г.Р., Линдман В. Психофизическое изучение картографических символов // Инженерная психология. М.: Прогресс, 1964.

82. Энгельс И.Л. Формирование субъективных эталонов результатов в процессе регуляции деятельности. М., 1983.

**МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ
ДОКУМЕНТАЦИИ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ
ГОСТ 2.103-68**

МОСКВА

2002

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Единая система конструкторской документации СТАДИИ РАЗРАБОТКИ Unified system for design documentation. Stages of designing	ГОСТ 2.103-68
--	---------------------------------

Утверждён Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г. Дата введения установлена

1971-01-01

1. Настоящий стандарт устанавливает стадии разработки конструкторской документации изделий всех отраслей промышленности и этапы выполнения работ (см. таблицу).
Стандарт соответствует СТ СЭВ 208-75.

Стадия разработки	Этапы выполнения работ
Техническое предложение	Подбор материалов. Разработка технического предложения с присвоением документам литеры «П». Рассмотрение и утверждение технического предложения
Эскизный проект	Разработка эскизного проекта с присвоением документам литеры «Э». Изготовление и испытание макетов (при необходимости)

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

	Рассмотрение и утверждение эскизного проекта
Технический проект	Разработка технического проекта с присвоением документам литеры «Т». Изготовление и испытание макетов (при необходимости). Рассмотрение и утверждение технического проекта
Рабочая конструкторская документация: а) опытного образца (опытной партии) изделия, предназначенного для серийного (массового) или единичного производства (кроме разового изготовления)	Разработка конструкторской документации, предназначенной для изготовления и испытания опытного образца (опытной партии), без присвоения литеры. Изготовление и предварительные испытания опытного образца (опытной партии). Корректировка конструкторской документации по результатам изготовления и предварительных испытаний опытного образца (опытной партии) с присвоением документам литеры «О». Приёмочные испытания опытного образца (опытной партии). Корректировка конструкторской документации по результатам приёмочных испытаний опытного образца (опытной партии) с присвоением документам литеры «О₁». Для изделия, разрабатываемого по заказу Министерства обороны, при необходимости — повторное изготовление и испытания опытного образца (опытной партии) по документации с литерой «О₁» и корректировка конструкторских документов с присвоением им литеры «О₂»
б) серийного (массового) производства	Изготовление и испытание установочной серии по документации с литерой «О₁» (или «О₂»). Корректировка конструкторской документации по результатам изготовления и испытания установочной серии, а также оснащения технологического процесса изготовления изделия, с присвоением конструкторским документам литеры «А». Для изделия, разрабатываемого по заказу Министерства обороны, при необходимости — изготовление и испытание головной (контрольной) серии по документации с литерой «А» и соответствующая корректировка документов с присвоением им литеры «Б»

Обязательность выполнения стадий и этапов разработки конструкторской документации устанавливается техническим заданием на разработку.

Примечания

1. Стадия «Техническое предложение» не распространяется на конструкторскую документацию изделий, разрабатываемых по заказу Министерства обороны.

2. Необходимость разработки документации для изготовления и испытания макетов устанавливается разработчиком.

3. Конструкторская документация для изготовления макетов разрабатывается с целью: проверки принципов работы изделия или его составных частей на стадии эскизного проекта; проверки основных конструкторских решений разрабатываемого изделия или его составных частей на стадии технического проекта; предварительной проверки целесообразности изменения отдельных частей изготавливаемого изделия до внесения эти изменений в рабочие конструкторские документы опытного образца (опытной партии).

Под разовым изготовлением понимается одновременное изготовление одного или более экземпляров изделия, дальнейшее производство которого не предусматривается.

Рабочим конструкторским документам изделия единичного производства, предназначенные для разового изготовления, присваивают литеру «И» при их разработке, которой может предшествовать выполнение отдельных стадий разработки (техническое предложение, эскизный проект, технический проект) и соответственных этапов работ, указанных в таблице.

(Исключён, Изм. № 1).

4. Техническое предложение — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации изделия на основании анализа технического задания заказчика и различных вариантов возможных решений изделий, сравнительной оценки решений с учётом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий и патентные исследования.

Техническое предложение после согласования и утверждения в установленном порядке является основанием для разработки эскизного (технического) проекта.

Объём работ — по ГОСТ 2.118-73.

5. Эскизный проект — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные

решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия.

Эскизный проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки технической документации.

Объём работ — по ГОСТ 2.119-73.

6. Технический проект — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации.

Технический проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки рабочей конструкторской документации.

Объём работ — по ГОСТ 2.120-73.

7. Ранее разработанные конструкторские документы применяются при разработке новых или модернизации изготавливаемых изделий в следующих случаях:

а) в проектной документации (техническом предложении, эскизном и техническом проектах) и рабочей документации опытного образца (опытной партии) — независимо от литерности применяемых документов;

б) в конструкторской документации с литерами «О₁» («О₂»), «А» и «Б», если литерность применяемого документа та же или высшая.

Литерность полного комплекта конструкторской документации определяется низшей из литер, указанных в документах, входящих в комплект, кроме документов покупных изделий.

8. Конструкторские документы, держателями подлинников которых являются другие предприятия, могут применяться только при наличии учётных копий или дубликатов.

Приложение 2

ГОСТ Р ЕН 614-1-2003

УДК 62-783:614.8:331.454:001.4:006.354

Группа Т 51

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Безопасность оборудования ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ

Часть 1

Термины, определения и общие принципы

Safety of machinery. Ergonomic design principles.
Part 1. Terms, definitions and general principles

ОКС 01.040.13
13.110

Дата введения 2005-01-01

Предисловие

1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЁН Техническим комитетом по стандартизации ТК 10 «Основополагающие общетехнические стандарты. Оценка эффективности и управление рисками»

2. УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Госстандарта России от 23 декабря 2003 г. № 379-ст

3. Настоящий стандарт представляет собой идентичный текст европейского стандарта ЕН 614-1-95 «Безопасность оборудования. Эргономические принципы конструирования. Часть 1. Термины, определения и общие принципы»

4. ВВЕДЁН ВПЕРВЫЕ

Введение

Цель разработки настоящего стандарта, содержащего идентичный текст европейского стандарта ЕН 614-1-95, — предоставить конструкторам и изготовителям руководство по безопасному конструированию рабочего оборудования производственного и непроизводственного назначения с учётом общих эргономических принципов для достижения гармонизации с европейским законодательством.

В настоящем стандарте понятие «Эргономика» относится к многоотраслевой научной дисциплине и её применению. При применении эргономических принципов в конструировании рабочей системы важно учитывать человеческие способности, умения, ограничения и потребности, когда рассматривают взаимодействие между человеком (оператором), рабочим оборудованием и рабочими условиями.

Эргономичная рабочая система повышает безопасность, производительность и эффективность труда, улучшает условия работы и жизни человека и уменьшает вредное воздействие на его здоровье и эффективность деятельности.

Настоящий стандарт — один из комплекса стандартов «Безопасность оборудования», разработанных во исполнение европейских директив и соглашений.

1. Область применения

Настоящий стандарт устанавливает термины и определения понятий в области безопасности рабочего оборудования и общие эргономические принципы его конструирования с целью обеспечить гармонизацию национальных (российских) стандартов с европейскими стандартами.

Настоящий стандарт определяет взаимодействие между оператором и рабочим оборудованием при его транспортировании, установке, эксплуатации, техническом обслуживании, чистке и содержит эргономические принципы, которые следует учитывать для сохранения здоровья и безопасности оператора.

Эргономические принципы настоящего стандарта относятся без ограничений к различным типам индивидуальных особенностей операторов. Информацию о размерах тела оператора следует интерпретировать так, чтобы она подходила к соответствующей группе операторов.

Стандарты, указанные в приложении Б, приведены только для информации.

2. Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ ИСО/ТО 12100-1-2001 Безопасность оборудования. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 1. Основные термины, методика

ГОСТ ИСО/ТО 12100-2-2002 Безопасность оборудования. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 2. Технические правила и технические требования

3. Определения

В настоящем стандарте применяют следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 оператор: Лицо (или лица), которое(ые) занимается(ются) установкой и пуском в эксплуатацию, наладкой, техническим обслуживанием, чисткой, ремонтом или транспортированием оборудования (см. 3.21 ГОСТ ИСО/ТО 12100-1).

3.2 рабочее задание: Деятельность, которая необходима для достижения рабочей системой заданного результата.

3.3 рабочее оборудование: Машины, инструменты, транспортные средства, устройства, механизмы, установки и другие принадлежности, используемые в рабочей системе.

3.4 рабочая область: Пространство, предназначенное одному или нескольким операторам в рабочей системе для выполнения рабочего задания.

3.5 рабочие условия: Физические, химические, биологические, организационные, социальные и культурные факторы, которые окружают оператора в его рабочей области.

3.6 рабочее место: Совокупность рабочего оборудования в рабочей области, окружённого рабочими условиями.

3.7 рабочая система: Рабочая система включает в себя взаимодействие одного или нескольких операторов с рабочим оборудованием, чтобы выполнять рабочее задание в рабочей области, в рабочих условиях, при установленных рабочим заданием режимах.

3.8 планирование работы: Организация и последовательность во времени и пространстве индивидуальных заданий.

3.9 организация работы: Обеспечение взаимодействия операторов в рабочей(их) системе(ах).

3.10 рабочее напряжение (или внешняя нагрузка): Совокупность внешних условий и требований в рабочей системе, которые могут отрицательно повлиять на психологическое или физиологическое состояние оператора.

3.11 рабочее состояние (или внутренняя реакция): Влияние рабочего напряжения на оператора в зависимости от его индивидуальных особенностей и способностей.

3.12 рабочая усталость: Местное или общее непатологичес-

кое проявление рабочего состояния, которое может быть устранено полностью после отдыха.

3.13 рабочая деятельность: Любая деятельность оператора, направленная на достижение заданного результата рабочей системы.

3.14 орган управления: Часть системы управления, которая предназначена непосредственно для воздействия оператором, например путём нажатия.

4. Общие принципы

В последующих подпунктах настоящего стандарта дана информация об эргономических принципах, которые следует учитывать при конструировании машины.

Для достижения эффективного, здорового и безопасного взаимодействия операторов с рабочим оборудованием следует учитывать в процессе конструирования эргономические принципы и технические требования безопасности.

Соблюдение эргономических принципов необходимо не только для предназначенного использования рабочего оборудования, но также для его транспортирования, установки, регулировки, технического обслуживания, чистки и ремонта. Поскольку отдельные конструктивные решения могут повлиять друг на друга, следует учитывать в процессе конструирования также любое их взаимодействие. По этой причине конструирование рассматривает в основном взаимодействие оператора и рабочего оборудования, а также разделение функций и работ между оператором и рабочим оборудованием. Целью является конструирование рабочей системы, которая согласуется со способами, ограничениями и потребностями человека. Поэтому необходим анализ рабочего задания в процессе конструирования.

4.1. Конструирование с учётом антропометрии и биомеханики

4.1.1. Размеры тела

Оборудование должно конструироваться с учётом размеров тела предполагаемой группы операторов. При этом следует учитывать:

- размеры тела взрослых, детей и пожилых людей (статические и динамические, в соответствующей одежде и/или со средствами индивидуальной защиты);
- пространство для движения тела и его частей;
- безопасные расстояния;
- доступные размеры (при работе, ремонте и техническом обслуживании) с использованием, например, антропометрических шаблонов, макетов или компьютерных моделей.

При конструировании оборудования необходимо учитывать следующие принципы:

а) высота и другие функциональные размеры оборудования должны соответствовать данным оператора и виду выполняемой им работы и подгоняться/подбираться, например, путём регулирования;

б) вид, расположение и регулируемость места для сидения должны предусматриваться с учётом размеров оператора, его позы и выполняемых им функций;

в) должно быть предусмотрено достаточное пространство для движения частей тела, участвующих в работе, чтобы можно было выполнить рабочее задание в удобной позе и удобными движениями; доступ и изменение позы должны быть лёгкими;

г) ручки и педали оборудования должны соответствовать по форме и функциям анатомии руки или ноги, а также размерам тела группы операторов. Ручки для ручного рабочего оборудования должны быть так сконструированы, чтобы оператор мог правильно за них взяться и выполнить предусмотренное движение;

д) часто применяемые органы управления, ручки и педали должны быть расположены так, чтобы они были легкодоступны оператору в нормальной рабочей позе. Другие важные органы управления, например, аварийные устройства, должны быть расположены так, чтобы оператор мог их легко достать; реже используемые органы управления не обязательно должны быть в пределах досягаемости, если только этого не требует рабочее задание.

Чтобы рабочее оборудование приспособить при конструировании к предполагаемой группе операторов, следует использовать, по крайней мере, от 5 до 95 перцентилей. В случаях, когда аспекты здоровья и безопасности находятся на первом плане, следует применять более широкий интервал — до 1 и/или 99 перцентилей согласно оценке риска. Рабочее оборудование для использования женщинами и мужчинами должно учитывать соответствующие перцентили для женщин и мужчин (см. ЕН 547-1 [1] и ЕН 547-2 [2]).

При определении внутренних размеров (например, пространства для ног) следует использовать значения 95-й перцентили. Для пределов досягаемости (например, пределы досягаемости для оператора) следует применять значения 5-й перцентили. Для регулируемых размеров рабочего оборудования приемлемый интервал должен включать в себя от 5 до 95 перцентилей.

Примечание

С точки зрения здоровья, безопасности и эффективности следует при конструировании рабочего оборудования учитывать возможно больший охват групп операторов. Такие факторы, как недо-

статочное место для ног, влияют на самочувствие оператора. Будущие стандарты будут содержать антропометрические данные о европейском населении, а также о применении этих данных. При конструировании рабочего оборудования для инвалидов следует особенно всё обдумать.

4.1.2. Поза тела

Поза тела оператора при работе не должна наносить вред здоровью.

При конструировании оборудования следует учитывать следующие принципы:

а) неестественные позы, например искривлённые или согнутые, а также однообразная деятельность, ведущая к утомлению, должны быть исключены. Должна быть предусмотрена возможность для изменения позы;

б) оборудование должно быть сконструировано так, чтобы позволить оператору выбирать рабочие позы, чередующиеся с сидением, стоянием и хождением. Сидение в общем предпочтительнее стояния;

в) должны быть предусмотрены основная необходимая поза и соответствующие опоры для тела. Опоры должны быть выполнены по размерам и положению так, чтобы избежать неустойчивого положения тела. Позы должны соответствовать прилагаемым усилиям. Технические вспомогательные средства должны быть предусмотрены так, чтобы обеспечить требуемое воздействие и избежать физических перегрузок. Чтобы эти требования реализовать для ручного рабочего оборудования, важно расположить рукоятки управления так, чтобы избежать их перехвата в процессе работы.

4.1.3. Движения тела

Рабочее оборудование должно быть сконструировано так, чтобы движения тела или его частей соответствовали естественным ритмам и способам выполнения. Особенно следует обратить внимание на то, чтобы оператор не делал частых или длительных движений с сильным поворотом суставов.

При конструировании рабочего оборудования следует учитывать следующие принципы:

а) при использовании рабочего оборудования следует избегать неподвижных поз оператора;

б) рабочее оборудование следует конструировать так, чтобы избегать повторяющихся (однообразных) движений, которые могут привести к нанесению ущерба, болезни или травмам;

в) движения, требующие высокой точности, должны выполняться с минимальным приложением усилий;

г) для ручных движений, требующих высокой точности, следует применять вспомогательные средства (например, подъёмники, направляющие, фиксаторы и т. д.);

д) следует избегать приложения усилий, при которых требуется вращение или неудобное положение суставов рук и ладони.

4.1.4. Физическое усилие

Требования рабочего оборудования к физическим усилиям оператора при их приложении должны быть рациональными (см. ЕН 1005-1 [3], ЕН 1005-2 [4], ЕН 1005-3 [5]). При обращении с органами управления усилия зависят от веса, формы, величины, распределения веса и положения органов управления; от длительности и частоты применения усилий; от позы оператора (сидячая или стоячая) и от направления движения; от правил и методов работы, а также от способностей данной группы операторов (например, пола, возраста, состояния здоровья, строения тела и тренированности).

При конструировании рабочего оборудования следует учитывать следующие принципы:

а) в случае, если требуемое усилие не может быть обеспечено соответствующей мускульной группой, необходимо применять механические вспомогательные средства;

б) избегать длительного статического напряжения мышц (как, например, работа рук над головой). Масса ручного инструмента может при длительном воздействии вызвать существенное утомление мышц, поэтому её воздействие следует устранять, например путём подвешивания;

в) для уменьшения прилагаемого усилия необходимо компенсировать силу тяжести;

г) органы управления, рукоятки и педали рабочего оборудования должны быть сконструированы так, чтобы прилагаемое усилие было минимальным и не вызывало вредного воздействия на здоровье или безопасность оператора;

д) в зависимости от требуемых усилий, размера, формы и положения органов управления необходимо избегать неравномерной нагрузки тела и его частей. Чем чаще и длительнее воздействие, тем больше оно должно выполняться в сидячем положении оператора;

е) с учётом требований к работе с ручным рабочим оборудованием, масса его должна быть распределена так, чтобы было достигнуто соответствующее равновесие.

4.2. Конструирование с учётом умственных способностей

С повышением уровня автоматизации технических систем уменьшаются требования к физическим возможностям оператора и

увеличиваются требования к его умственным способностям (восприятие и обработка информации). Рабочее оборудование должно быть сконструировано так, чтобы учитывались умственные способности оператора, не ухудшалось его здоровье и безопасность, а также повышалась эффективность рабочей системы.

При конструировании следует учитывать следующее:

- а) рабочее оборудование должно быть сконструировано так, чтобы его использование не перегружало умственные способности оператора;
- б) информация, требуемая для выполнения рабочего задания, должна быть представлена так, чтобы оператор мог её легко воспринять;
- в) информация для оператора должна быть представлена так, чтобы он легко её понял и применил в работе, то есть ему должна быть предоставлена возможность обзора как всей рабочей системы, так и отдельных параметров;
- г) во взаимодействующих системах должны быть обеспечены аналогичные расположение и назначение условных изображений, символов и команд.

4.3. Конструирование индикаторов, сигнальных устройств и органов управления

4.3.1. Индикаторы и сигнальные устройства

Индикаторы и сигнальные устройства должны быть сконструированы, подобраны и размещены так, чтобы они согласовывались с особенностями человеческого восприятия и с выполняемым заданием (см. ЕН 894-1 [6] и ЕН 894-2 [7]).

Особенно следует учитывать следующее:

- а) индикаторы и сигнальные устройства должны быть сконструированы так, чтобы гарантировать их ясное и однозначное восприятие. Это относится в первую очередь к аварийным индикаторам и сигнальным устройствам.
- При этом следует учитывать интенсивность, длительность сигнала, цвет, форму, величину, контрастность, а также превышение над оптическим и звуковым фоном. При сигнале тревоги воздействие усиливается, если звуковой и оптический сигналы действуют совместно;
- б) чтобы избежать информационной избыточности, следует ограничить количество и типы индикаторов и сигналов, необходимых для выполнения задания, до необходимого минимума;
- в) индикаторы и сигнальные устройства должны быть сконструированы так, чтобы предоставить оператору ясную и однозначную информацию, ненужной информации следует избегать;
- г) индикаторы и сигнальные устройства должны быть расположены так, чтобы было возможно надёжное, однозначное и быстрое ориен-

тирование и распознавание. При этом следует учитывать важность и частоту отдельных элементов информации, а также обратную связь в пределах рабочей задачи. Форма и содержание этой информации должны быть однозначны и хорошо известны оператору. Форма и изменяемость информации должны удовлетворять соответствующим требованиям.

4.3.2. Органы управления

Органы управления и их функции должны быть сконструированы, выбраны и расположены так, чтобы они соответствовали физиологическим особенностям человека (особенно его возможностям движения) и частям его тела (рукам, пальцам, ногам или другим частям тела), которые участвуют в управляющих воздействиях. При этом следует учитывать скорость и точность усилий, а также требования к их приложению. Правильная конструкция органов управления ведёт к уменьшению ошибок человека (см. ЕН 894-3 [8]).

При конструировании следует учитывать следующее:

- а)** тип конструкции и расположение органов управления должны соответствовать рабочему заданию;
- б)** органы управления должны быть сконструированы и расположены так, чтобы свести до минимума опасность для здоровья и жизни оператора с учётом возможности несчастных случаев, частоты использования и т. д. Для ручных машин важнейшие органы управления должны быть расположены так, чтобы оператор мог на них воздействовать, не отпуская рукояток;
- в)** рабочий ход и рабочее противодействие органов управления необходимо выбирать в зависимости от рабочего задания и физиологических особенностей оператора, на основе биомеханических и антропометрических данных;
- г)** функции органов управления должны быть легко различимы, чтобы избежать перепутывания с другими подобными или соседними органами управления;
- д)** расположение и движение органов управления, их действие и связанная с ними информация должны однозначно соответствовать друг другу;
- е)** органы управления, особенно устройства для пуска, должны быть выбраны, сконструированы и расположены так, чтобы исключить непредусмотренное воздействие;
- ж)** при смене оператором одной машины на другую, похожего типа и аналогичных функций, органы управления должны быть расположены так, чтобы исключить путаницу и уменьшить количество ошибок;
- з)** пульт управления должен быть сконструирован относительно формы, положения и блокировок так, чтобы исключить возможность человеческих ошибок;

и) количество органов управления должно быть сведено к необходимому минимуму. Органы управления должны быть расположены так, чтобы необходимые по рабочему заданию их положения достигались ясно и однозначно. Чтобы этого достичь, следует учитывать последовательность расположения, важность и частоту отдельных движений.

4.4. Взаимодействие с физическими рабочими условиями

При конструировании рабочего оборудования следует учитывать воздействие любых эмиссий, выделяемых оборудованием, на оператора и рабочие условия в соответствии с ГОСТ ИСО/ТО 12100-1 и ГОСТ ИСО/ТО 12100-2.

4.4.1. Шум и вибрация

Уровни звукового давления и параметры вибрации на рабочих местах, возникающие при работе оборудования, не должны превышать допустимых параметров. Методы конструирования должны быть направлены на уменьшение влияния этих факторов в месте их возникновения.

4.4.2. Тепловое излучение

Возникающее при работе рабочего оборудования тепловое излучение должно быть сведено к минимуму.

Особенно следует учитывать:

- а) требуемые физические рабочие нагрузки оператора;
- б) тепловые свойства одежды;
- в) ожидаемую тепловую нагрузку на оператора;
- г) температуру поверхностей, к которым прикасается оператор в процессе работы (см. EN 563 [9]).

4.4.3. Освещение

Освещение должно способствовать выполнению рабочего задания. Если анализ задания показывает, что окружающего освещения недостаточно, то следует предусмотреть дополнительное местное освещение, например для установки, регулировки оборудования. Освещение должно быть организовано так, чтобы исключить принятие оператором неестественных поз. При использовании регулируемого освещения средства регулирования должны быть удобно расположены и не должны подвергать опасности оператора.

Особенно следует учитывать следующие факторы:

- а) избегать мерцающего света;
- б) избегать затемнения или слишком сильной освещённости;
- в) избегать образования теней;

- г) избегать стробоскопического эффекта;
- д) контрасты должны быть соизмеримы с рабочим заданием;
- е) должна сохраняться цветопередача.

4.4.4. Опасные материалы и излучения

Рабочее оборудование должно быть сконструировано так, чтобы при его работе выделения любых опасных веществ и излучения были обозначены и соответствующими устройствами изолированы, с тем чтобы их параметры не превышали допустимых пределов.

4.5. Взаимодействия в процессе работы

Вид и способ управления рабочим оборудованием, а также разделение функций между оператором и рабочим оборудованием имеют особое значение для обеспечения взаимодействия между этими различными элементами.

Особенно следует учитывать следующее:

а) составные части рабочего оборудования должны быть расположены так, чтобы способствовать эффективному выполнению рабочего задания и сохранению здоровья, обеспечению безопасности и хорошего самочувствия оператора. Например, расстояние между частями рабочего оборудования должно быть таким, чтобы было необходимое пространство для прохода операторов и перемещения материалов, а также обеспечивались возможности для наблюдения;

б) способы транспортирования вспомогательных средств и материалов должны быть сконструированы так, чтобы свести опасность до минимума;

в) рабочее оборудование должно быть расположено так, чтобы исключить опасность для оператора, исходящую от соседнего рабочего оборудования;

г) при расположении индикаторов на органах управления должно быть обеспечено получение оператором от этих индикаторов ясной и однозначной информации, при этом индикатор и орган управления должны соответствовать друг другу;

д) рабочий ритм движений оператора не должен быть связан с циклами полуавтоматической или автоматической машины или транспортного конвейера. Независимость действий оператора может быть обеспечена дополнительной оснасткой, роботом и т.д.;

е) ручное рабочее оборудование должно быть сконструировано так, чтобы оно по размерам, массе и форме соответствовало анатомии руки и позволяло оператору выполнять естественные движения при его использовании;

ж) возможность выполнения оператором операций слева и справа;

з) поскольку конструкторы заранее знают факторы воздействия на окружающую среду при использовании оборудования, то это тоже должно учитываться.

5. Применение эргономических принципов в процессе конструирования

Конструирование рабочего оборудования может быть описано при применении системного моделирования как методологический процесс, а такие основные задачи, как определение цели, установление требований и оценка являются составными частями этого процесса. При этом следует учитывать основные конструктивные и человеческие факторы.

Процесс конструирования можно разбить на четыре этапа:

- 1 — разработка и уточнение технических требований;
- 2 — разработка предварительного конструкторского проекта (или проектов);
- 3 — разработка детального конструкторского проекта;
- 4 — выполнение.

На этапе 1 разрабатывают и уточняют соответствующие системные требования для создания перечня выполняемых функций. На этапе 2 конструктор разрабатывает эскизную документацию последовательно до тех пор, когда следует определиться с концепцией дальнейшей работы. На этапе 3 конструктор продолжает разработку проекта до получения результатов, на основе которых можно создать рабочую конструкторскую документацию. На этапе 4 конструктор уточняет последние детали и создаёт окончательный проект. Оператор должен участвовать в этом процессе как можно раньше.

5.1. Выполнение задач эргономики

Эргономические задачи в процессе конструирования выполняются в соответствии с таблицей 1. На каждой стадии этого процесса выполняют комбинации этих задач. При этом глубина анализа должна соответствовать этапу конструирования.

5.2. Разработка требований к конструированию в соответствии с эргономическими принципами

5.2.1. Разработка и уточнение требований

Конструирование рабочего оборудования зависит от рабочего процесса и выполняемых задач. При этом рабочее оборудование является составной частью рабочего процесса. Первоначальные решения вопросов конструирования должны быть оценены с точки зрения технических требований. Чтобы использовать преимущества эргономических принципов конструирования, следует уже на ранней стадии разработки учитывать требования оператора (см. пункты 1 и 2 таблицы 1).

Таблица 1

**Выполнение эргономических задач
в процессе конструирования**

Эргономическая задача	Описание задачи
1. Установление и уточнение технических данных	Установление вклада эргономики при создании эффективной, надёжной и безопасной системы 1
2. Определение группы операторов	Определение специфических особенностей операторов, которые используют рабочее оборудование
3. Проведение анализа задачи	Разделение функций между оператором и рабочим оборудованием. Установление задания для оператора (например, воздействие на органы управления, загрузка машины). Разделение задания на отдельные составные части, чтобы для каждого оператора определить последовательность воздействий на органы управления в пределах определённого отрезка времени (например, наблюдение отклонения стрелки, установка органов управления в заданное положение)
4. Установление требуемых эргономических данных	Установление эргономических данных для оценки определённого проекта посредством анализа задания. Пример в пункте 3 мог бы указывать на необходимость установления дальнейших требований при конструировании индикаторов (например, читаемость, точность и расположение), при расположении индикаторов и органов управления (которые позволяют оператору сохранять эффективную и естественную позу) и при конструировании органов управления (ограничение усилий, применяемых оператором, исключение случайного нажатия). Эргономические принципы, которые следует учитывать при определении требуемых данных, приведены в разделе 4
5. Определение требуемой документации	Определение информации, которая должна быть приведена в документации для оператора, например в руководстве по управлению и обслуживанию
6. Определение требований к обучению	Учёт результатов анализа задания с целью определить особые требования по обучению оператора на рабочем оборудовании, а также влияние на безопасность, расходы и т.д. (например, использование стимулов для обучения, чтобы избежать ошибок оператора)
7. Выбор метода оценки	Определение метода оценки результата по пункту 4 в сравнении с требованиями имеющегося проекта, например применение стандартов, компьютерные способы конструирования, моделирование рабочего задания и рабочих условий
8. Оценка выбранного проекта	Применение выбранных методов согласно пункту 7 с целью определить соответствие эргономических требований проекта заданным условиям (на основе данных, полученных в пункте 4)

9. Оценка результатов анализа	Решение, может ли быть достигнут компромисс между конструкторско-техническими и эргономическими требованиями, если нет, то определить, не следует ли повторить требования пунктов 3–7 частично или полностью в новом переработанном проекте
10. Оценка при участии оператора	Применение масштабных или натурных моделей рабочего оборудования или его частей или применение макетов, чтобы оценить проект совместно с оператором и по возможности определить объём работы. Это должно включать оценку любой документации
11. Оценка результатов практического опыта оператора и изменения проекта	Новая оценка проекта с учётом изменений, которые получены на основе практического опыта оператора, и, при необходимости, повторение требований пунктов 3–10

5.2.2. Разработка предварительного проекта

Начальная детализация требований оператора должна учитывать:

- результаты анализа деятельности оператора на изменённой машине или, в случае новой машины, на машине-аналоге;
- соответствие функций рабочего оборудования и оператора;
- рабочие задания, которые должен выполнять оператор на рабочем оборудовании;
- взаимодействие между оператором и рабочим оборудованием.

Требования должны быть оценены в соответствии с эргономическими принципами, изложенными в разделе 4. Результаты оценки следует классифицировать по степени их приемлемости, например путём применения такой системы оценки, как трёхзонная модель (см. приложение А). Если требования оператора лежат вне эргономически приемлемых границ, требуется конструкторская переработка проекта (см. пункты 3-9 таблицы 1). Если разумный компромисс между техническими и эргономическими требованиями не достижим, то следует предпринять другие меры, например, разработать инструкции оператору о наилучших методах работы с рабочим оборудованием.

5.2.3. Разработка детального проекта

Этот этап предусматривает глубокую проработку выбранного конструкторского решения, а также определение детальных конструкторских данных (см. пункты 3-9 таблицы 1). Чтобы гарантировать, что в детальном проекте учтены требования конструкторов и операторов, следует принять во внимание раздел 4. При этом следует учитывать такие факторы, как удовлетворённость работой и организационными результатами.

При этом следует провести анализ рабочего задания, чтобы установить оптимальное взаимодействие между оператором и рабочим оборудованием и учесть это в проекте.

Примечание.

Анализ задания позволит конструктору точно определить объём работы оператора. Кроме того, он может на основе этого анализа решать, какую информацию следует предоставлять оператору.

Детальный проект должен последовательно прорабатываться, пока не будет окончательного конструкторского решения с точными техническими характеристиками. После выработки конструкторского решения следует разработать необходимую документацию. Документация должна содержать информацию для оператора об эргономическом использовании рабочего оборудования.

5.2.4. Выполнение

Проведение практических экспериментов с участием оператора рекомендуется для того, чтобы установить, нуждается ли конструкция в дальнейшем улучшении (см. пункты 10 и 11 таблицы 1). Практические эксперименты с применением масштабных или натурных моделей могут дать указания на возможные ошибки конструирования, а также дать конструктору возможность провести усовершенствования на основе опыта оператора. Такие эксперименты весьма важны с экономической точки зрения, поскольку позволяют избежать последующих изменений при производстве. Разработка документации (включая инструкции для операторов) может выполняться также при практических экспериментах при взаимодействии с оператором, причём изменения проводят на основе мнения оператора. После окончания практических экспериментов и после учёта полученных при конструировании машины знаний, как для этой, так и для будущих машин такого же типа, можно окончательно конструировать остальные компоновочные детали и оформлять окончательную документацию.

Примечание.

Рекомендуется рабочее оборудование и документацию подвергнуть пересмотру, например через год.

Приложение А

(рекомендуемое)

Основы применения трёхзонной системы оценки

Настоящее приложение описывает трёхзонную систему оценки и её применение, включая практический пример.

А.0 Введение

Цель системы оценки — создание общей системы оценки проектов, которая позволила бы конструкторам и другим заинтересованным сторонам оценить риск прямым и конструктивным путём. Система оценки уменьшает риск путём осуществления конструктивных мероприятий, как это изложено в разделе 3 ГОСТ ИСО/ТО 12100-2.

Система оценки представляет собой метод классификации факторов эргономического риска для упрощения определения необходимых мероприятий в процессе конструирования.

А.1 Система оценки в общем

При конструировании нового оборудования или при оценке свойств существующего рабочего оборудования полезно систематически классифицировать наблюдения. Это можно делать по-разному. Принципом системы классификации факторов рабочих условий является выбор одного определённого или нескольких общих критериев. При оценке качества рабочих условий свойств или изделий при конструировании имеет смысл так определять данные, чтобы облегчить конструктору решение необходимых вопросов. Система оценки облегчает конструктору работу по установленным критериям.

Три зоны позволяют определить незначительный, средний (когда нужны изменения) и значительный риск (когда нужна новая конструкция). Существующие системы оценки легко преобразуются в трёхзонную систему.

А.2 Трёхзонная система оценки

Зоны определяют по следующим признакам:

— зелёная (незначительный риск, рекомендуется).

Риск заболевания или травматизма очень незначительный или на приемлемом уровне для всех рассматриваемых операторов;

— жёлтая (средний риск, не рекомендуется).

Риск заболевания или травматизма существует для всех или части рассматриваемых операторов;

— красная (значительный риск, не применяют).

Риск заболевания или травматизма очевиден, и нельзя подвергать ему любую часть рассматриваемых операторов.

А.3 Применение трёхзонной системы оценки

На основе классификации риска следует проводить следующие мероприятия.

Зелёная зона: мероприятия не требуются.

Жёлтая зона: требуется дальнейшая оценка риска, а также анализ факторов, влияющих на риск. Поэтому необходимо провести повторное конструирование и, если это невозможно, другие мероприятия по устранению риска.

Красная зона: мероприятия по снижению риска обязательны.

Конструкторы должны проверить свойства рабочего оборудования, которые должны удовлетворять трёхзонной системе оценки относительно ряда критериев (см. рисунок 1 ГОСТ ИСО/ТО 12100-1). Результат этой оценки даёт указание на то, можно ли новую конструкцию занести в зелёную зону (незначительный риск); в случае, если это невозможно, требуются другие мероприятия, чтобы гарантировать, что оператор применяет рабочее оборудование с незначительным риском. Такие другие мероприятия могут иметь указания на определённое применение рабочего оборудования, а также указания, что только обученный оператор может обращаться с рабочим оборудованием, или указания о максимальном сроке, в течение которого оператор может работать с рабочим оборудованием, а также другие условия.

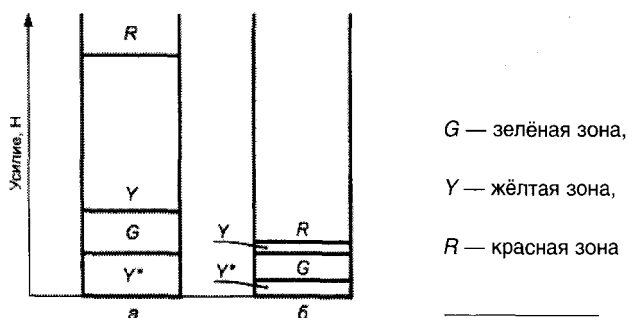
В некоторых обстоятельствах невозможно провести конструирование так, чтобы гарантировать незначительный риск для оператора. В этом случае оператору должны быть даны чёткие инструкции по работе.

На этапе конструирования важно, чтобы рабочие условия, в которых применяется рабочее оборудование, учитывались при отношении оборудования к зелёной, жёлтой или красной зонам.

А.4 Пример трёхзонной системы оценки

Нажатие педали

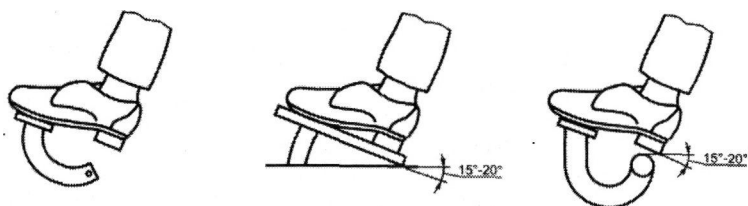
Рисунок А.1 показывает применение трёхзонной системы оценки для педалей видов, которые показаны на рисунке А.2.



* Под зелёной зоной находится зона от жёлтой до красной, в зависимости от веса ноги/стопы. Для гарантии безопасности и здоровья зелёная зона должна обеспечивать оптимальное сопротивление педали во избежание непредназначенных движений.

Рис. А.1. Усилия для педалей двух видов

ПРИЛОЖЕНИЕ Б



а) нажатие педали
движением ноги
(например, тормоз)

б) нажатие педали движением стопы

Рис. А.2. Нажатие педали движением стопы и ноги

Приложение Б (справочное)

Библиография

[1] ЕН 547-1-96 Безопасность оборудования. Размеры тела человека. Часть 1. Основные принципы определения размеров прохода всем телом к рабочим местам оборудования

[2] ЕН 547-2-96 Безопасность оборудования. Размеры тела человека. Часть 2. Основные принципы определения размеров отверстий для доступа отдельными частями тела

[3] ЕН 1005-1-93 Безопасность оборудования. Физические возможности человека. Часть 1. Термины и определения (проект)

[4] ЕН 1005-2-93 Безопасность оборудования. Физические возможности человека. Часть 2. Ручное манипулирование объектами, связанными с оборудованием (проект)

[5] ЕН 1005-3-93 Безопасность оборудования. Физические возможности человека. Часть 3. Рекомендуемые пределы усилий для управления оборудованием (проект)

[6] ЕН 894-1-97 Безопасность оборудования. Эргономические требования к конструированию индикаторов и органов управления. Часть 1. Взаимодействие оператора с индикаторами и органами управления

[7] ЕН 894-2-97 Безопасность оборудования. Эргономические требования к конструированию индикаторов и органов управления. Часть 2. Индикаторы

Библиография

[8] ЕН 894-3-92 Безопасность оборудования. Эргономические требования к конструированию индикаторов и органов управления. Часть 3. Органы управления (проект).

[9] ЕН 563-94 Безопасность оборудования. Температуры поверхностей, к которым прикасаются. Эргономические данные для установления граничных значений температур для горячих поверхностей.

Ключевые слова: безопасность оборудования, конструирование, эргономика, общие принципы, термины.

Содержание

1. Область применения
 2. Нормативные ссылки
 3. Определения
 4. Общие принципы
 - 4.1. Конструирование с учётом антропометрии и биомеханики
 - 4.2. Конструирование с учётом умственных способностей
 - 4.3. Конструирование индикаторов, сигнальных устройств и органов управления
 - 4.4. Взаимодействие с физическими рабочими условиями
 - 4.5. Взаимодействия в процессе работы
 5. Применение эргономических принципов в процессе конструирования
 - 5.1. Выполнение задач эргономики
 - 5.2. Разработка требований к конструированию в соответствии с эргономическими принципами
- Приложение А.**
Основы применения трёхзонной системы оценки
- Приложение Б.**
Библиография

Сергеев Сергей Фёдорович

Инженерная психология и эргономика

У ч е б н о е п о с о б и е

Заведующая книжным отделом Т. Абрамова

Редактор О. Подколзина

Корректор И. Дёмина

Художник О. Денисова

Дизайн и вёрстка А. Ладанюк

Подписано в печать 25.07.2008. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Формат 60х90/16. Печ. л. 11,0. Тираж 2000 экз. Заказ № 0810

Издательский дом «Народное образование».
109341, Москва, ул. Люблинская, д. 157, корп. 2.

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных
диапозитивов в типографии ООО «НИИ школьных технологий».
143500, г. Истра, ул. Заводская, д. 2-А.

По вопросам оптовых закупок обращаться:
Тел./факс: (499) 270-20-65
Электронная почта: market@narodnoe.ru
Адрес: 109202, Москва, шоссе Фрезер, д. 17
(3 этаж, 1 ком.)