

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

С.Ф. Сергеев

ВВЕДЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНУЮ ПСИХОЛОГИЮ И ЭРГОНОМИКУ ИММЕРСИВНЫХ СРЕД

Учебное пособие



Санкт-Петербург
2011

УДК 154.4
ББК 88.4
С32

Рецензенты: д-р физ.-мат. наук профессор Н. В. Борисов; д-р техн. наук, профессор П. И. Падерно.

Сергеев С. Ф. Введение в инженерную психологию и эргономику иммерсивных сред: Учебное пособие. — СПб: Изд-во СПбГУ ИТМО, 2011. — 258 с.

Рассмотрены история возникновения и развития, основные понятия эргономики и инженерной психологии погружающих (иммерсивных) сред, показаны пути создания эффективных человеко-машинных систем в рамках классической и постклассической методологий инженерно-психологического и эргономического проектирования.

Рекомендуется для студентов магистерской программы «Технологическое предпринимательство и экономика инноваций» по направлению 222300 «Научноёмкие технологии и экономика инноваций» и в качестве вводного курса для студентов по направлению 200100 «Приборостроение».

Рекомендовано к печати учёным советом Магистерского корпоративного факультета.



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена Программа развития государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики» на 2009–2018 годы.

© Санкт-Петербургский государственный университет
информационных технологий, механики и оптики, 2011

© С. Ф. Сергеев, 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
ЧАСТЬ I. КЛАССИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ И ЭРГОНОМИКА	11
Глава 1. Определение понятий «эргономика» и «инженерная психология»	11
1.1. История возникновения и развития дисциплин по учёту человеческого фактора	11
1.2. Основные определения и место эргономики и инженерной психологии в системе научного знания	23
Контрольные вопросы:	28
Темы для дискуссии	29
Литература	29
Глава 2. Предмет, задачи и методы инженерной психологии и эргономики.	31
2.1. Предмет инженерной психологии и эргономики	31
2.2. Основные задачи эргономики и инженерной психологии.	32
2.3. Методы исследований в инженерной психологии и эргономике.	34
Контрольные вопросы	37
Темы для дискуссии	37
Литература	37
Глава 3. Основные понятия инженерной психологии и эргономики сред.	38

3.1. Система «человек — машина», информационная модель, концептуальная модель	38
3.2. Среда эргатической системы. Общие понятия и классические определения	42
3.3. Факторы среды, влияющие на операторскую деятельность	43
3.3.1. Антропогенные факторы окружающей среды	44
3.3.2. Действие вредных веществ рабочей среды на человека и природу	47
3.4. Распределение функций между человеком и машиной. Типы систем «человек — машина».	51
3.5. Концепции деятельности человека в человеко-машинных системах	54
3.6. Принципы эргономического обеспечения работы человеко-машинных систем	56
Контрольные вопросы	57
Темы для дискуссии.	58
Литература	58
Глава 4. Психофизиологический базис операторской деятельности	59
4.1. Приём и первичная обработка информации оператором.	61
4.1.1. Характеристики зрительного анализатора	65
4.1.2. Характеристики слухового анализатора	69
4.1.3. Другие анализаторы и взаимодействие анализаторных систем	72
4.2. Хранение и переработка информации человеком, принятие решений и познавательные процессы	74
4.3. Речевые коммуникации в операторской деятельности	82
4.4. Механизмы регуляции деятельности человека.	83
4.4.1. Внимание	84
4.4.2. Личность и личностная регуляция	84
4.4.3. Механизмы суггестивно-волевой регуляции	90
4.4.4. Эмоции в регуляции деятельности	92
Контрольные вопросы	95

Темы для дискуссии	98
Литература	99
Глава 5. Человек как исполнительная система. Психомоторные качества человека	100
5.1. Антропометрические характеристики	101
5.2. Биомеханические характеристики	101
5.3. Рабочие движения оператора. Сенсомоторная регуляция	101
Контрольные вопросы	104
Темы для дискуссии	105
Литература	105
Глава 6. Деятельность человека-оператора	106
6.1. Психологический анализ деятельности	106
6.2. Понятия «рабочее место» и «рабочее пространство»	109
6.3. Ошибки операторов	110
6.4. Виды операторской деятельности	115
Контрольные вопросы	116
Темы для дискуссии	117
Литература	117
Глава 7. Инженерно-психологическое и эргономическое проектирование интерфейса «человек –машина» и рабочей среды	118
7.1. Системный подход, особенности его применения при проектировании информационных моделей и сред	119
7.2. Проектирование средств отображения информации	121
7.3. Проектирование органов управления	125
7.4. Организация рабочего места оператора	126
7.5. Проектирование пользовательских интерфейсов	127
7.6. Системы виртуальной реальности	129
7.7. Виртуальные интерфейсы	132
7.8. Юзабилити	135
7.9. Эмоциональный дизайн (канзай-инжиниринг)	139

Контрольные вопросы	142
Темы для дискуссии	143
Литература	143
Глава 8. Система эргономического обеспечения разработок и эксплуатации эрготехнических сред	144
8.1. Особенности системы эргономического обеспечения разработки и эксплуатации систем «человек – машина»	145
8.2. Этапы и последовательность эргономического обеспечения	146
8.3. Эргономические стандарты	148
8.4. Эргономическая экспертиза	149
Контрольные вопросы	150
Темы для дискуссии	151
Литература	151
Глава 9. Эффективность систем «человек — машина». Пути её повышения.	152
9.1. Надёжность оператора и системы «человек – машина». Ресурсный подход	153
9.2. Профессиональный отбор и обучение операторов	154
9.3. Групповая деятельность операторов	161
9.4. Психологические аспекты эксплуатации человеко-машинных систем.	162
Контрольные вопросы	162
Темы для дискуссии	163
Литература	163
ЧАСТЬ II. ПОСТКЛАССИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ И ЭРГОНОМИКА	165
Глава 10. Изменения и дополнения в концептуальном базисе инженерной психологии	165
10.1. Ограничения классической инженерной психологии и эргономики.	165
10.2. Эволюция взглядов на базовые категории эргономики	167

10.2.1. Понятие «среда»	170
10.2.2. Понятие «знание»	173
10.2.3. Самоорганизация и аутопоэтические системы	174
Контрольные вопросы	176
Темы для дискуссии	176
Литература	177
Глава 11. Основы теории иммерсивных сред	177
11.1. Понятие «иммерсивная среда»	177
11.2. Основные свойства иммерсивных сред	179
11.3. Постулаты теории иммерсивных сред	183
Контрольные вопросы	184
Темы для дискуссии	185
Литература	185
Глава 12. Практика инженерной психологии и эргономики иммерсивных сред	186
12.1. Иммерсивный интерфейс в виртуальных средах	186
12.1.1. Индуцированные среды	189
12.1.2. Системы иммерсивного интерфейса на базе индуцированных сред	191
12.2. Обучающие иммерсивные среды	196
12.3. Концепция «умножения возможностей»	200
Контрольные вопросы	202
Темы для дискуссии	203
Литература	203
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	205
СПИСОК САЙТОВ ПО ЭРГОНОМИКЕ И ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ	206
САЙТЫ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ И ОБЩЕСТВ ПО ЭРГОНОМИКЕ	208
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	209
ПРИЛОЖЕНИЯ	221

*Посвящаю моим дорогим родителям —
отцу Сергееву Фёдору Владимировичу
и матери Дубровской Лидии Сергеевне*

ВВЕДЕНИЕ

Мир современного человека насыщен сложными техническими устройствами и технологиями, которые давно стали привычными элементами окружающей среды и культуры. Идет активное развитие техники, её внедрение во все направления человеческой жизни. Технологии искусственного интеллекта активно внедряются в бытовые приборы — холодильники, стиральные машины, телевизоры, сотовые телефоны, телевизоры. Нас уже не удивляют оргтехника и мультимедийное окружение — компьютеры, принтеры, лазерные проекторы и многое другое, что совсем недавно было лишь пределом мечтаний писателей фантастов. Всё это хорошо знакомо нам на уровне пользователей, и мы понимаем, как обращаться с теми или иными вещами, чтобы получить желаемый результат.

Являясь представителем техногенной цивилизации, человечество активно внедряется во все сферы отношений с природой путём увеличения своих возможностей посредством науки, техники и технологии. Транспортные, энергетические, производственные, социальные системы представляют широкий спектр систем включающих человека посредством техники. Автомобили, самолёты, корабли, подводные лодки, орбитальные станции, электростанции, объекты вооружения и многое другое, являются продуктами дея-

тельности человечества. Все они создаются в результате работы больших коллективов разработчиков в процессе исследовательской и проектной деятельности.

Профессии эргономиста, инженера-психолога, инженера-проектировщика связаны с созданием рабочей среды человека, в которую включены разнообразные технические средства и системы. Все они конструируются для человека. Часто инженеру-конструктору недостаточно психологических и эргономических знаний для грамотного проектирования оборудования и систем, содержащих оператора в качестве управляющего и контролирующего звена. Именно по этой причине появляются неудобные рабочие места, тесные кабины самолётов, неуправляемые системы, комплексы, с постоянно возникающими нештатными ситуациями, ведущими к авариям и катастрофам.

К сожалению, время, когда можно было создавать изделия, окружающие нас лишь на основе здравого смысла и наглядного опыта прошло. Постоянное развитие техники и появление технических сред обладающих сложной организацией уже не позволяют пользоваться лишь соображениями здравого смысла. Кроме инженерных знаний и умений, необходимо опираться на эргономику и инженерную психологию — дисциплины научно-практического комплекса под общим названием «человеческий фактор», учитывающие особенности проектирования техногенной среды. Эти довольно недавно появившиеся отрасли психологического и инженерного знания, переживают в настоящее время интенсивное развитие и рост.

Основам инженерной психологии и эргономики в их классическом варианте, оформившемся в середине прошлого века, посвящена первая часть настоящего учебного пособия. Однако развитие компьютерных систем и их приложений в сфере создания искусственных технических и виртуальных сред, сетевых и дистанционных коммуникационных технологий реализующих сложные формы взаимодействий человека с техникой привело к пониманию недостаточности классических представлений в сфере учёта человеческого фактора в сложных эргатических системах и средах. Возникла парадигма постклассической, синергетической

эргономики, изложению основ которой посвящена вторая часть настоящего пособия.

Я обязан многим авторам и коллегам, чьи идеи составляют основу современной инженерной психологии и эргономики, за возможность дать читателю насыщенный учебный материал, и надеюсь, что они простят мне скудость ссылок на источники. Академический стиль изложения с указанием всех источников сделал бы книгу скучной и малополезной для обучения. Несмотря на все свои старания, я не смог вместить в ограниченные рамки учебного пособия всего разнообразия инженерно-психологического и эргономического знания созданного трудами учёных и практиков. Это скорее эскиз, нежели живая картина, отражающая реальное положение в структуре научного знания данных дисциплин. Его задача дать читателю направление и основные ориентиры для самостоятельного изучения и творчества.

Выражаю признательность за ценные советы и критические замечания по тексту профессорам Бодрову В. А., Никифорову Г. С., Обознову А. А., Овчинникову Б. В., Падерно П. И.

И наконец, выражаю благодарность моей семье и друзьям за поддержку и терпение.

2011 г.

С. Ф. Сергеев

ЧАСТЬ I.

КЛАССИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ И ЭРГОНОМИКА

Глава 1. Определение понятий «эргономика» и «инженерная психология»

1.1. История возникновения и развития дисциплин по учёту человеческого фактора

*Технологии могут меняться быстро,
а люди меняются медленно.
Дон Норман*

Историко-содержательный анализ появления и развития 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 (основные из них — *human factors*, *human factors engineering* и *ergonomics*). Они гибко реагировали на эволюцию техники и технологий, возникавшую под влиянием научно-технического прогресса, изменяя в контексте решения конкретных производственных задач поле своей деятельности.

Нужно признать, что бурное развитие техники и появление сложных управляемых человеком систем привело к настоящему

терминологическому буму, возникновению во многом синонимичных дисциплин: *human engineering, applied ergonomics, human performance engineering, engineering psychology, industrial ergonomics, anthropotechnics, applied experimental psychology, biotechnology, psychotechnology, human-factors psychology* и *biomechanics*. Многие из них являются производными от границ пересечения областей технических и гуманитарных наук.

Первые 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. Начало второй мировой войны стало катализатором для развития дисциплин человеческого фактора и эргономики. Возникла необходимость в мобилизации больших масс людей, их распределении на конкретные военные профессии, что сделало непрактичными имевшиеся процедуры профессионального отбора. Акцент в создании боевой техники сместился с вопросов инженерного проектирования в область согласования её с возможностями персонала при минимуме психофизиологических ограничений. Впервые в то время технический прогресс опередил возможности человека к адаптации и компенсации в среде управления машинами. Особенно наглядно это проявилось при анализе причин резкого повышения аварийности среди лётчиков высокого класса, которые постоянно запаздывали в управлении скоростными машинами. Стало ясно, что чисто инженерных методов при проектировании боевых самолётов явно недостаточно. Отметим также появление новых форм операторской деятельности связанных с появлением радиолокационной техники.

Среди авторов того периода отметим известных американских 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*). Дальнейшее развитие военной эргономики проходило во времена «холодной войны». Были созданы военные лаборатории по видам вооруженных сил: «*Human Engineering Laboratory*», «*Air Force Personnel and Training Research Center*»,

«*Naval Electronics Laboratory*». Аналогичные лаборатории были созданы в ведущих университетах США. В 1946 году в Иллинойском университете (*Aviation Psychology Laboratory*) и в 1949 году в университете штата Огайо (*Laboratory of Aviation Psychology*). Свои лаборатории эргономики и инженерной психологии имели практически все крупные фирмы, работавшие на военно-промышленный комплекс США: *Boeing, McDonnell Douglass, Grumman Corporation, Bell Laboratories* и др.

Первое эргономическое общество за рубежом было создано в Англии в 1949 году, а в 1961 году Международная эргономическая ассоциация объединяла в своих рядах ученых более 30 капиталистических развитых стран. В 1957 году было организовано «Общество человеческих факторов» (*Human Factors Society*), которое в 1992 году было переименовано в «Общество человеческих факторов и эргономики» (*Human Factors and Ergonomics Society*). Сегодня эта организация насчитывает более 4500 членов участвующих в работе 23 технических групп.

Начиная с 60-х годов и по настоящее время, в США наблюдаются дальнейший рост дисциплин человеческого фактора в установленных ранее границах и их экспансия в области компьютерного оборудования, систем интерфейса, программного обеспечения, атомных технологий и систем вооружения, систем автоматизации и Интернета, в область адаптивных технологий и систем искусственного интеллекта.

Предтечей эргономики и инженерной психологии в Советском Союзе стала психотехника — научное движение, занимающееся внедрением психологических знаний в практику (термин предложен В. Штерном в 1903 году, а 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 работниц технического контроля на заводе «Красный треугольник» по производству галош. Тренировки проводились 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 сталеварами свойств стали. Ими предложена методика тренировки функций цветоразличения, повысившая качество визуального определения состава стали. Были составлены специальные таблицы.

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

Наблюдался рост числа публикаций и выступлений по эргономической тематике на научных конференциях. Проблемы человеческого фактора и практической психологии получили отражение на Всесоюзном педологическом съезде (Москва, декабрь 1927 года — январь 1928 года), на Всесоюзной конференции по психофизиологии труда и профессиональному отбору (Москва, 1927 год). В 1930 году на съезде по изучению поведения человека в Ленинграде обсуждались методологические задачи практической психологии. 1-ый Всесоюзный съезд по психотехнике и прикладной психофизиологии, (май 1931 года) был насыщен выступлениями психотехников, в которых обсуждались вопросы, ставшие классическими для инженерной психологии. Так Н. Д. Левитов рассматривал критерии эффективности испытаний профессиональной пригодности, Г. Серебряков поделился опытом изучения моторики красноармейцев стрелковой роты, а Г. Боген изложил основные результаты применения эргографической и координатометрической проб при изучении колебаний работоспособности бойца в связи с пребыванием в противогазе.

Казалось, что ничто не может помешать активному развитию исследований в области человеческого фактора, но вмешался идеологический фактор. Психотехника, как и генетика и кибернетика, стала жертвой сталинской эпохи. В 1936 году вышло постановление ЦК ВКП (б) от 4 июля 1936 года «О педологических извращениях в системе Наркомпросов», направленное против пе-

дологии — отрасли психолого-педагогического знания декларировавшей комплексный подход к изучению ребёнка и допустившей множество ошибок в силу некритичного применения методов психодиагностики малоквалифицированными учителями-педологами того времени. В соответствии с этим постановлением вместе с педологическими центрами были закрыты и все лаборатории по промышленной психотехнике и психофизиологии труда. Хотя справедливости ради нужно отметить, что в постановлении ЦК ВКП (б) нет ничего напрямую указывающего на необходимость закрытия этих дисциплин. Объединяло их с педологией лишь применение западных, «чуждых советской власти», тестов и методов. Этого было достаточно для уничтожения психотехники. Наиболее видные её представители были репрессированы и попали в лагерь Гулага.

Одной из причин возникшего положения явилась 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 носили надуманный, искусственный характер. Так в одном исследовании утверждалось, что горизонтальное положение является самым удобным для питания мозга. Как рекомендация для работников умственного труда было предложено устраивать лежачие рабочие места. По понятным причинам эксперимент не удался, так большинство участников довольно быстро засыпало. 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. В конце 50-х годов в Москве, в секретном в то время, НИИ автоматической аппаратуры, под руководством Д. Ю. Панова были проведены первые научно-исследовательские работы по учёту человеческого фактора. В 1961 году здесь же была создана лаборатория инженерной психологии (руководитель — В. П. Зинченко).

Первая «открытая» лаборатория инженерной психологии (вначале носившая название лаборатории индустриальной психоло-

гии) в нашей стране была организована в Ленинградском государственном университете в 1959 году Б. Ф. Ломовым.

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

Несколько докладов было прочитано на первом Всесоюзном съезде психологов.

На втором съезде, состоявшемся в 1963 году в Ленинграде, уже работала самостоятельная секция по инженерной психологии и симпозиум по проблемам приёма и переработки информации человека. В 1963 году в Москве состоялась конференция по проблеме «Человек и автомат». В 1966 году 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, первый декан факультета психологии, в дальнейшем один из организаторов и бессменный с 1971 по 1989 год директор Института психологии АН СССР (ИПАН). Интересно, что данный институт вначале планировалось назвать институтом инженерной психологии и только вмешательство одного из членов ЦК КПСС позволило придать создаваемому институту функции, выходящие за пределы изучения человеческого фактора в технике. Тем не менее, лаборатория инженерной психологии в Институте психологии АН СССР всё же была создана в 1973 году по инициативе В. Ф. Рубахина. В дальнейшем в ИПАН сложилась академическая школа инженерной психологии под воздействием идей и при активном участии: В. Ф. Венды, А. И. Галактионова, Ю. М. Забродина, Б. Ф. Ломова, В. Д. Небылицина, К. К. Платонова, В. Ф. Рубахина, а также в последние годы — В. А. Бодрова, В. А. Вавилова, Л. Г. Дикой, А. А. Обознова.

О Б. Ф. Ломове нужно сказать особо и отдать дань этой неординарной личности. При его непосредственном участии были проведены: в 1964 году — Первая Ленинградская конференция по инженерной психологии, в 1965 году — Конференция по инженерной психологии в приборостроении. В 1963 году вышла книга

Б. Ф. Ломова «Человек и техника», имевшая успех и переизданная в 1966 году издательством «Советское Радио». Это самая известная книга по инженерной психологии, изданная в советское время.

Эргономика в Советском Союзе развивалась параллельно с инженерной психологией. Пик её популярности возник позже, в начале 70-х годов, хотя в концептуальном плане данная дисциплина оформилась в начале 20-х годов XX века, трудами В. М. Бехтерева, который называл её эргонология и В. Н. Мясищева — автора эргологии. Сам термин «эргономика» был изобретён Войтехом Ястшембовским в 1857 году, который подразумевал под ним науку о труде, основанную на законах природы.

Московскую эргономическую школу возглавил Владимир Петрович Зинченко — представитель известной психологической династии. Его сестра — Татьяна Петровна Зинченко изучала проблемы восприятия, опознания и кодирования в Ленинградском университете, а отец — Петр Иванович Зинченко — выдающийся представитель Харьковской школы психологии, специалист в области исследований памяти.

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 являлся в то время Владимир Михайлович Мунипов, сотрудничество, которого с В. П. Зинченко во многом определило формы и направления развития отечественной эргономики в советское время.



Фото 1. Чл.-корр. АН СССР, профессор, Ломов Борис Фёдорович (1927–1989)



**Фото 2. Академик РАО,
профессор, Владимир
Петрович Зинченко.
(Родился в 1931 году)**

Отдел эргономики ВНИИТЭ начал свою работу в 1962 году. Во ВНИИТЭ трудились известные специалисты в области эргономики и дизайна: Г. М. Зараковский, О. И. Генисаретский, Г. П. Щедровицкий, Л. Д. Чайнова, Д. А. Азримян, М. М. Блох, В. Ф. Сидоренко, Д. Н. Щелкунов. Ими были созданы получившие мировую известность школы эргономики, эрго- и футуродизайна. Были разработаны и приняты инженерно-психологические требования, принципы и рекомендации по эргономике, выпущено более 30 выпусков трудов ВНИИТЭ серии «Эргономика», хорошо знакомые всем работающим в этой области. Под редакцией В. П. Зинченко и В. М. Мунипова в 1991 году вышел перевод на русский язык шеститом-

ного руководства «Человеческий фактор».

Развитие инженерной психологии и эргономики в России в значительной мере связано с работами оборонной тематики. Их возглавил Пётр (Пинхус) Яковлевич Шлаен, сотрудник НИИ-2 в Твери. Совместно со специалистами из научно-исследовательских организаций Министерства обороны СССР — В. М. Ахутиным, В. А. Бодровым, А. И. Губинским, Г. М. Зараковским, Е. И. Заславским, В. П. Зинченко, А. М. Карасёвым,

Б. А. Королёв, Б. Ф. Ломовым, В. И. Медведевым, В. М. Муниповым, А. А. Польским, В. К. Пуховым, Г. Л. Смоляном, В. Г. Фокиным и другими, он принял участие в создании системы эргономического обеспечения разработки и эксплуатации образцов военной техники (СЭОРЭ ВТ). Данная система носила межотраслевой характер и оказала большое влияние на развитие эргономики в СССР и странах-членах СЭВ. Работа завершилась изданием «Руководства по эргономическому обеспечению разработки и эксплуатации вооружения и военной техники». В доработках СЭОРЭ

приняли участие: С. В. Ашметков, В. М. Войненко, И. Г. Городецкий, Т. Т. Джамгаров, В. Г. Евграфов, В. А. Жогин, М. Н. Кожин, И. Д. Кудрин, В. В. Кобзев, А. В. Нефедович, В. М. Львов, В. В. Малозёмов, В. Д. Магазанник, П. И. Падерно, А. А. Фрумкин¹.

Шлаен явился организатором первых в СССР комплексных НИР по эргономике и инженерной психологии в области вооружения и военной техники «Дедукция» и «Авангард» проводившихся с 1968 года по всей стране. В 1970 году в Калининне (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. В настоящее время работы данного эргономического направления проводятся в рамках Межотраслевого центра эргономических исследований и разработок — «НПП «Эргоцентр» под руководством профессора Львова Владимира Марковича.

Один из известных центров военной инженерной психологии и эргономики зародился в Туле, в 70-х годах прошлого века в ЦКБ аппаратостроения, проводившем работы по созданию тренажёров для советской армии. Его видные представители — Аверин Станислав Иванович, Лискин Владимир Михайлович, Коротеев Геннадий Леонидович, Соколов Валерий Николаевич. Здесь получили развитие инженерно-психологические исследования по про-

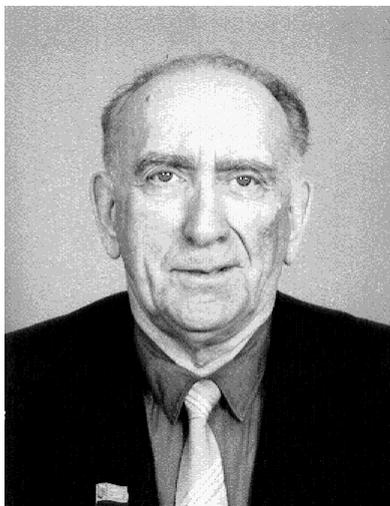


Фото 3. Лауреат Государственной премии СССР, профессор, Шлаен Пётр Яковлевич (1923–2009)

¹ Шлаен П. Я. Дни моей жизни. 66 лет служения Армии и оборонному комплексу. — М.: ФГУП «ВИМИ», 2007. — С. 189.

фотобору и профессиональному обучению массовых операторских специальностей с использованием технических средств обучения и тренажёров. Нужно отметить, что исследования по инженерно-психологической тематике осуществлялись практически во всех сферах оборонной промышленности.



Фото 4. На конференции в Эргоцентре (г. Тверь).

**Слева направо в первом ряду: профессор, Б. М. Герасимов;
профессор, В. М. Львов; профессор, С. А. Багрецов;
профессор, П. И. Падерно**

Инженерная психология во многом повлияла на специфику развития факультета психологии Ленинградского университета, которая состояла в выраженной практической направленности на решение задач военно-промышленного комплекса страны. В научно-исследовательских лабораториях кафедры инженерной психологии факультета психологии, созданной в 1966 году, работали известные учёные: Г. С. Никифоров, занимавшийся в то время вопросами надёжности человеческого звена в авиации; Т. П. Зинченко — вопросами зрительного опознавания 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 году впервые в СССР в университете был создан спецфакультет по переподготовке кадров по инженерной психологии, выпускники которого работали в различных сферах народного хозяйства.



**Фото 5. Кафедра инженерной психологии
Ленинградского государственного университета
80-е годы XX века.**

**Слева направо: сверху — зав. кафедрой, профессор,
Г. В. Суходольский; доцент, С. А. Маничев; доцент,
В. К. Васильев; профессор, Г. С. Никифоров; внизу —
доцент, И. М. Лушихина; профессор, Т. П. Зинченко;
доцент, М. А. Дмитриева; профессор, О. С. Дейнеко; доцент,
М. Н. Ильина**

К началу 80-х годов в Советском Союзе был создан мощный научно-практический комплекс инженерной психологии и эргономики решавший задачи практически во всех отраслях обороны и промышленности. В нём работало несколько тысяч высококвалифици-

рованных специалистов, велась активная научно-исследовательская и педагогическая деятельность.

Наиболее значительный научный вклад в развитие отечественной послевоенной инженерной психологии и эргономики внесли: В. М. Ахутин, С. А. Багрецов, М. И. Бобнева, В. А. Бодров, В. А. Вавилов, В. Ф. Венда, В. М. Водлозёров, О. М. Газенко, А. И. Галактионов, Ф. Д. Горбов, И. Г. Городецкий, Ю. Я. Голиков, Л. А. Головей, Н. Д. Гордеева, Л. П. Гримак, В. А. Губин, А. И. Губинский, К. М. Гуревич, В. И. Даниляк, В. Г. Денисов, Л. Г. Дикая, М. А. Дмитриева, Ю. П. Доброленский, Б. А. Душков, В. Г. Евграфов, Г. Е. Журавлев, Ю. М. Забродин, В. Г. Зазыкин, Н. Д. Завалова, Д. Н. Завалишина, Г. М. Зараковский, В. П. Зинченко, Т. П. Зинченко, Е. П. Ильин, В. В. Кобзев, Г. Л. Коротева, М. А. Котик, А. А. Крылов, А. Н. Костин, Б. В. Кулагин, В. В. Лапа, А. Б. Леонова, А. Н. Леонтьев, В. М. Лискин, В. М. Львов, Б. Ф. Ломов, В. Л. Маришук, В. И. Медведев, Е. А. Милерян, В. М. Мунипов, А. И. Нафтульев, П. Б. Невельский, В. Д. Небылицин, Г. С. Никифоров, А. А. Обознов, Б. В. Овчинников, Д. А. Ошанин, А. В. Миролубов, П. И. Падерно, А. А. Пископпель, К. К. Платонов, В. А. Пономаренко, В. Н. Пушкин, В. Ф. Рубахин, М. М. Сильвестров, Б. А. Смирнов, Г. Л. Смолян, Ю. К. Стрелков, Г. В. Суходольский, П. С. Турзин, Л. С. Хачатурьянц, И. Е. Цибулевский, Л. Д. Чайнова, А. А. Фрумкин, А. Г. Чачко, А. В. Чунтул, А. П. Чернышёв, В. Д. Шадриков, Л. П. Щедровицкий, П. Я. Шлаен, Б. Г. Юдин.

Сегодня ведущими центрами прикладных инженерно-психологических и эргономических исследований в России являются: Санкт-Петербургский и Московский государственные университеты; Институт психологии РАН (Москва); ОАО «НПП «Эргоцентр» (г. Тверь); ОАО «Концерн «Аврора» (Санкт-Петербург), АО «Вертолётный завод им. М. Л. Миля» (Москва); Московский авиационный институт; Московский авиационно-технологический институт; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»; институт авиационной и космической медицины (в настоящее время преобразован в Центр авиакосмической медицины и эргономики ГНИИИ военной медицины МО РФ) (Москва); государственный научный центр РФ институт медико-биологических проблем РАН (Москва); ВНИИТЭ (Москва).

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

Инженерная психология, как и все прикладные дисциплины, непрерывно меняет свою сферу интересов, подстраиваясь под запросы практики и, вследствие этого, не имеет точного определения своей рабочей области. В настоящее время это научно-практический комплекс, связанный с изучением, проектированием и эксплуатацией технических систем включающих человека.

Британский специалист по эргономике Брайан Шейкл (*Brian Shakerl*) предлагает следующую периодизацию развития эргономики по десятилетиям:

1950-е — военная эргономика; 1960-е — промышленная эргономика; 1970-е — эргономика товаров широкого потребления; 1980-е — интерфейс «человек — компьютер» и эргономика программного обеспечения; 1990-е — когнитивная и организационная эргономика. Продолжая данную периодизацию можно сказать, что 2000-е годы это годы эргономики Интернета, эмоционального дизайна и сложных сетевых коммуникационных систем.

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 технологическими процессами;
- 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 осуществляет воздействие на управляемый объект посредством 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. Основной объект 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 знания, методы исследования и технологии проектирования из следующих отраслей человеческого знания и практики:

1. Инженерная психология.
2. Психология труда, теория групповой деятельности, когнитивная психология.
3. Конструирование.
4. Техническая эстетика.
5. Гигиена и охрана труда, научная организация труда.
6. Антропология, антропометрия.
7. Медицина, анатомия и физиология человека.
8. Теория проектирования.
9. 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 несет довольно серьезную опасность для нее, так как одного психологического базиса явно недостаточно для решения большинства возникающих практических задач. Наиболее удачное и сбалансированное на настоящий момент определение данной 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.

В настоящее время в классической эргономике выделяется три основных направления:

1. *Эргономика физической среды*, рассматривающая вопросы, связанные с анатомическими, антропометрическими, физиологическими и биомеханическими характеристиками человека, имеющими отношение к физическому труду. Решаются вопросы организации рабочего места, выбора оптимальной рабочей позы, обеспечения профессионального здоровья и надёжности функционирования профессионала на рабочем месте, создания комфортной обстановки.

2. *Когнитивная эргономика* связана с когнитивными психическими процессами, оказывающими влияние на функционирование

элементов системы «человек — машина — среда». Решаются проблемы организации интеллектуального труда, принятия решений, обеспечения эффективного взаимодействия человека и компьютера, разработки систем интерфейса.

3. *Организационная эргономика* — рассматривает вопросы, связанные с созданием и оптимизацией социо-технических систем, включая их организацию и управление. Рассматриваются вопросы, связанные с созданием рабочих коллективов, обеспечением коммуникаций между их участниками, управлением групповыми ресурсами и т. д.

Различия между инженерной психологией и эргономикой часто носят 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 (Шлаен, 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 под названием «учёт человеческих факторов» (*Human Factors*).

В последнее время наблюдается рост специализации отдельных направлений, развивающихся в рамках исследований по учёту человеческого фактора, эргономики и инженерной психологии, что приводит к появлению новых дисциплин. Это, например, *HCI — Human-Computer Interaction*, *HIS — Human-System Interaction*, *IU — Informatics Usability*, *CHI — Computer-Human Interaction*, *Emotional design* и др.

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.

Интересным направлением создания человеко-машинных систем является эмоциональный дизайн (кансай). Дональд Норман (*Donald Norman*) в своей книге «Дизайн промышленных товаров» (2008) указывает, что у людей возникают эмоциональные связи с событиями и объектами, имеющими для них существенное значение. Это необходимо учитывать при создании человеко-машинных систем и объектов бытовой техники. Спроектированная по технологии эмоционального дизайна техника должна вызывать положительные эмоции и способствовать продвижению продукта.

Эргономика и инженерная психология взаимодействуют практически со всеми науками в той или иной мере связанными с человеком, 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 данных 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:

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. Опишите в общих чертах эволюцию дисциплин человеческого фактора в США.

9. Где и кем создана первая отечественная лаборатория по эргономике?

10. Кем и когда была создана первая научная лаборатория по инженерной психологии?

11. Работы, каких российских авторов явились основой для развития инженерной психологии в нашей стране?

12. Где начались первые академические работы по инженерной психологии?

13. Назовите основные научные центры по инженерной психологии и эргономике действующие в России.

14. Назовите фамилии пяти российских ученых, внесших, по вашему мнению, наибольший вклад в развитие инженерной психологии и эргономики. Аргументируйте Ваш выбор.

15. Что такое юзабилити?

16. Что изучает эргономика?

17. В чём проявляется междисциплинарный характер эргономики?

18. Чем занимается когнитивная эргономика?

19. Назовите годы активного развития промышленной эргономики в рамках периодизации Брайана Шейкла.

Темы для 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. Голиков Ю. Я. Методология психологических проблем проектирования техники / Ю. Я. Голиков. — М.: ПЕРСЭ, 2003. — 223 с.

2. Голиков Ю. Я. Концепции адаптивной автоматизации и подходы к человеку и технике для современных человеко-машинных

комплексов / Ю. Я. Голиков // Психология адаптации и социальная среда: современные подходы, проблемы, перспективы / Отв. Ред. Л. Г. Дикая, А. Л. Журавлев. — М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. — С. 392–408.

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

4. 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.

5. Климов Е. А. История психологии труда в России: учеб. пособие / Е. А. Климов, О. Г. Носкова. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992.

6. Костин А. Н. Изменение принципов распределения функций между человеком и автоматикой при возрастании сложности техники / А. Н. Костин // Психологический журнал. — 1992. — Т. 13. — № 5. — С. 57–63.

7. Норман Д. А. Дизайн промышленных товаров: настольная книга дизайнера / Д. А. Норман. — М.: Вильямс, 2008.

8. Сергеев С. Ф. Обучающие и профессиональные иммерсивные среды / С. Ф. Сергеев. — М.: Народное образование, 2009. — С. 432.

9. ЦКБА — вчера, сегодня, завтра / С.И. Аверин [и др.]. — М.: ООО «Военный Парад». — 179 с.

10. Шлаен П. Я. Эргономика для инженеров: Эргономическое обеспечение проектирования человеко-машинных комплексов: проблемы, методология, технологии / П. Я. Шлаен, В. М. Львов. — Тверь: ТвГУ, 2004.

11. Шлаен П. Я. Дни моей жизни. 66 лет служения Армии и оборонному комплексу / П. Я. Шлаен. — М.: ФГУП «ВИМИ», 2007. — 320 с.

12. Эргономика: учебник / Под ред. Крылова А. А., Суходольского Г. В. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1988. — С. 6–10.

13. Meister D. The history of human factors and ergonomics / D. Meister. — Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1999.

14. Shaker B. Human-computer interaction: whence and whither? / B. Shaker // Journal of the American society for information science. — 1997. — November. — v. 48. — N 11. — pp. 965-986.

15. Fitts P. M. Analysis of factors contributing to 460 “pilot error” experiences in operating aircraft controls (Report No. TSEAA-694-12) / P. M. Fitts, R. E. Jones. — Dayton, OH: Aero Medical Laboratory, Air Materiel Command, U.S. Air Force, 1947.

Глава 2. Предмет, задачи и методы инженерной психологии и эргономики

2.1. Предмет инженерной психологии и эргономики

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

Объектом инженерной психологии является 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 с целью изменения их в направлении 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).

Предметом эргономики является трудовая деятельность человека в процессе взаимодействия с техническими системами в условиях влияния факторов внешней среды.

Объектом изучения эргономики является 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» свойств ориентированных на человека.

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

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

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

2.2. Основные задачи эргономики и инженерной психологии

Задачи эргономики как науки:

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

2. Исследование закономерностей взаимодействия человека с техническими системами и окружающей средой.

3. Разработка принципов создания систем «человек — техника — среда» и алгоритмов деятельности операторов.

4. Перспективное планирование вопросов развития человеко-машинных систем и содержания труда операторов действующих в них.

5. Разработка методов и средств, сопровождающих процессы создания и эксплуатации, эффективных эрготехнических сред.

6. Обобщение опыта создания и эксплуатации человеко-машинных систем, стандартизация эффективных решений.

7. 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 следующие 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 человеком-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 профессио-

нального 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, исключая 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-, видеосъемка 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 путем изменения условий, целей или способа её выполнения.

Различают *лабораторный* и *естественный* эксперименты.

Лабораторный эксперимент представляет 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 — в невозможности отделить все побочные влияния, искажающие реальные факторы деятельности. Различают *синтетический* и *аналитический* лабораторные эксперименты. При синтетическом эксперименте стараются точно воспроизвести все действующие, а при аналитическом один или несколько наиболее существенных факторов. Разновидностью аналитического эксперимента является 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 следующие стадии:

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

Все характеристики деятельности оператора являются случайными величинами, изменяющими своё значение от опыта к опыту, вследствие влияния на них огромного числа факторов объективного и субъективного характера. Основными методами обработки результатов являются методы математической статистики — корреляционный, регрессионный, факторный анализ, методы планирования эксперимента, многомерное шкалирование, кластерный анализ и др.

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 — формулой, 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 в условиях воздействия 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

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 дискуссии

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

Литература

1. Эргономика: Учебник / Под ред. Крылова А. А., Суходольского Г. В. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1988. — С. 10–32.
2. Дмитриева М. А. Психология труда и инженерная психология / М. А. Дмитриева, А. А. Крылов, А. И. Нафтульев. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1979. — С. 129–137.

Глава 3. Основные понятия инженерной психологии и эргономики сред

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. Являясь обобщением высокого уровня, система не может быть определена единым образом, что ведёт к множеству её определений. Так, например, Л. А. Блюменфельд называет системой совокупность любым способом выделенных из остального мира реальных или воображаемых элементов. Эта совокупность является системой, если:

- 1) заданы связи, существующие между элементами;
- 2) каждый из элементов внутри себя считается неделимым;
- 3) с миром вне системы система взаимодействует как целое;
- 4) при эволюции во времени совокупность будет считаться одной системой, если между её элементами в разные моменты времени можно провести однозначное соответствие.

По мнению И. В. Блауберга, В. Н. Садовского и Э. Г. Юдина системе можно определить через следующие признаки:

- 1) система представляет собой целостный комплекс взаимосвязанных элементов;
- 2) она образует особое единство со средой;
- 3) обычно исследуемая система представляет собой элемент системы более высокого уровня;
- 4) элементы любой исследуемой системы в свою очередь обычно выступают как системы более низкого порядка.

Определение В. И. Вернадского: система — совокупность взаимодействующих разных функциональных единиц (биологических,

человеческих, машинных, информационных естественных), связанная со средой и служащая достижению некоторой общей цели путём действия над материалами, энергией, биологическими явлениями и управления ими. Г. Паск даёт краткое определение системы как любой формы распределения активности в цепи, рассматриваемой каким-либо наблюдателем в качестве закономерной.

Системный подход охватывает группу методов описывающих объект как совокупность взаимодействующих элементов, реализующих в процессе достижения цели системой определённые функции. Система образует организацию, отвечающую 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 подчинен общей целевой функции;
- каждый элемент оказывает влияние на все другие элементы;
- выходные эффекты отдельных элементов системы преобразуются в выходные эффекты системы.

Кроме этого системная организация включает в себя процедуры и процессы измерения, оценки, сравнения, обратной связи, которые устанавливают рабочие характеристики системы. Каждая человеко-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 подсисте-

му «человек», а замкнутая система будет носить 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 данного класса моделей. Достоинство абстрактных моделей состоит в том, что они позволяют отображать скрытые непосредственному наблюдению 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, представлений о развитии ситуации, предвидения последствий и др., 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 нем различные концептуальные модели.

Основные обобщенные 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 анализаторных систем человека, порядок и сложность операций.

3.2. Среда эргатической системы. Общие понятия и классические определения

Оператор системы «человек — машина» осуществляет свою деятельность в среде физической реальности, которая действует на него и управляемую им систему. Это *окружающая среда* эргатической системы. Она оказывает общее системное влияние не только на техническую часть системы, но также и на организм оператора, переводя его в то или иное *функциональное состояние*. В силу этого с помощью технического проектирования создаются специальные системы обеспечения жизнедеятельности (ограждения, кабины, костюмы, скафандры и т. д.) в которых создаётся среда на рабочем месте, обеспечивающая комфортные условия для работы организма оператора.

Среда как компонент эргатической системы не сводится только к физической обстановке на рабочем месте. Она содержит ряд компонентов тоже в свою очередь являющихся средами. Основные среды, с которыми имеет дело оператор на своём рабочем месте (Е. А. Климов, 1998) следующие: социально-контактные, информационные, витальные, включающие в свою очередь соматические (тело субъекта как нечто внешнее по отношению к его сознанию) и предметные (производственно-технические, физико-химические, биолого-гигиенические).

Социально-контактные среды. Отражают включённость человека в социальные отношения, которые могут играть роль важного фактора обеспечивающего качество профессиональной деятельности оператора. Построение и поддержание оптимальных отношений, окрашенных положительными эмоциональными переживаниями (создание микроклимата) — важнейшее условие работоспособности человека, продуктивности его на трудовом посту, устойчивого положительного отношения к труду, производству. Кроме этого к социально-контактным условиям относятся:

- личный пример окружающих членов профессионального сообщества и других профессиональных групп, их культура, опыт, образ жизни, деятельность, поведение, взаимоотношения (сотрудничества, взаимопомощи, взаимозависимости);
- учреждения, организации, группы и их представители, с которыми человеку реально приходится взаимодействовать;

- реальное место данного человека в структуре своего трудового сообщества, включенность его в другие группы (в частности, семью) и группировки, уровень защищенности его в сообществе от различного рода посягательств.

Информационная среда распределяется между собственно социальным окружением оператора и элементами его рабочего места. Член трудового коллектива находится в потоке оперативных сообщений, сведений, как адресованных лично ему, так и общезначимых, исходящих от систем коммуникации, индикации и управления. На него влияют также средства внутреннего оформления производственного помещения и рабочего места. Сюда же к элементам информационной среды в эргатической системе можно отнести неформальные правила поведения в трудовом коллективе, команде, экипаже. Окружающие люди, даже если они непосредственно не связаны с оператором, тем не менее, фактически воздействуют на него, обнаруживая свою общую и профессиональную культуру и опыт.

Витальная среда субъекта труда. Наше тело и его состояния являются частью среды для нашей психики. Во внутренних органах, в мышцах, сухожилиях, суставах имеются чувствительные нервные окончания, дающие сигналы о положении и состояниях тела. Состояние организма и его отношения с окружающей средой проявляются в понятии самочувствие, которое играет значительную роль в эффективности оператора при выполнении им профессиональной деятельности в эргатической системе.

К *предметной среде* относятся: окружающий воздух, свет, пыль, шумы, вибрации и т. д. Их состояние отражается в физических параметрах (температура, влажность, давление и т. д.) сочетания и предельные значения, которых сказываются на продуктивности и работоспособности оператора.

3.3. Факторы среды, 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, наблюдается интеллектуализация деятельности;
- увеличивается роль человека во внештатных ситуациях, повышается ответственность и значимость ошибок.

Большое число 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 числу субъективных факторов относят: психологическое состояние оператора, уровень подготовленности к данному виду операторской деятельности и т. д.

Объективные факторы, в свою очередь, делятся на аппаратурные, 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 контролирующей деятельности.

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

3.3.1. Антропогенные факторы окружающей среды

Интенсивная деятельность человечества ведёт к всёвозрастающему негативному воздействию антропогенных факторов на окружающую среду. Технический прогресс вовлекает в производство огромные массы природных ресурсов. Ежегодно в результате человеческой деятельности на поверхность Земли выносятся более 5 км³ горных пород. Человек освоил девственный природный ландшафт на 55 % территории суши.

Негативное действие антропогенных процессов проявляется во всех элементах биосферы. Быстрое загрязнение атмосферы началось в XIX веке и связано с промышленными масштабами потребления всех видов топлив. Загрязнение атмосферы отрицательно действует на человека и живую природу.

К основным загрязнениям воздуха городов относятся:

- *раздражающие вещества* (сернистый и серный ангидриды, окислы азота, пары соляной, азотной и серной кислот, сероводород, фосфор и его соединения, всевозможная пыль);
- *канцерогенные вещества* (3,4-бензопирен от сгорания угля, алифатические эпоксиды, образующиеся из нефтяных топлив, мелкодисперсная пыль, волокнистая асбестовая пыль, аэрозоли свинца, марганца и др.).

Загрязнения атмосферного воздуха, как правило, не вызывают острых отравлений. Интоксикация протекает в хронической форме, что не делает её менее вредоносной. Сернистый и серный ангидриды, окислы азота, пары кислот, загрязняющие воздух, приводят к болезням дыхательных путей, заболеваниям глаз и кожи.

При неблагоприятных сочетаниях атмосферных условий в городах появляется *смог* — смесь тумана и дыма с высоким содержанием сернистого газа, сажи. Такой смог, опустившийся на Лондон с 5 по 9 декабря 1952 года, и названный Великим Лондонским смогом стал причиной гибели более 12 тысяч человек.

В начале декабря 1952 года холодный туман опустился на Лондон. Из-за холода горожане стали использовать уголь для отопления в больших количествах, чем обычно. Примерно к этому же времени завершился процесс замены городских трамваев на автобусы с дизельными двигателями. Запертые более тяжёлым слоем холодного воздуха, продукты горения в воздухе в считанные дни достигли чрезвычайной концентрации. Туман был таким густым, что препятствовал движению автомобилей. Были отменены концерты, прекращена демонстрация кинофильмов, поскольку смог легко проникал внутрь помещений. Зрители иногда попросту не видели сцену или экран из-за плотной завесы. Поначалу реакция горожан была спокойной, поскольку в Лондоне туманы не редкость. В последующие недели, однако, статистические данные, собранные медицинскими службами города, выявили смертоносный характер бедствия — количество смертей среди младенцев, престарелых и страдающих респираторными заболеваниями достигло четырёх тысяч человек. Ещё около восьми тысяч человек умерли в последующие недели и месяцы.

В условиях сухого тумана при влажности около 70 % и действии солнечного света в процессе сложных фотохимических превращений в смеси углеводородов и окислов азота автомобильных выбросов возникает *фотохимический туман*. При этом образуются новые вещества со значительно большей токсичностью. Фотохимический туман — искусственное явление, созданное человеком.

За последние 20 лет кислотность воды, выпадающей дождем, на востоке США и в Западной Европе увеличилась в 100–1000 раз по сравнению с нормой. Сернистый ангидрид разрушает хлорофилл, содержащийся в листьях деревьев. Небольшое превышение нормы содержания в воде фтора приводит к нарушению биосинтеза.

В атмосферном воздухе присутствует озон защищающий жизнь на Земле от губительного воздействия ультрафиолетового излучения солнца. Однако озоновый слой разрушается под действием фреонов, которые широко используются в быту в холодильных устройствах и кондиционерах.

Сжигание в огромных количествах топлива ежегодно на 0,2 % увеличивает концентрацию углекислого газа в воздухе. Поскольку CO_2 пропускает солнечную тепловую радиацию к земной поверхности и не выпускает её обратно за пределы атмосферы, создается парниковый эффект, ведущий к нарушению теплового баланса на Земле.

Загрязнение воды также отрицательно действует на биосферу. Вредные вещества из загрязненной воды воздействуют на кожный покров организма, слизистые оболочки, поступают в организм с пищей. Наибольший вред наносят следующие загрязнения воды:

- *тяжелые металлы*: свинец, кадмий, хром, ртуть, бериллий и др. Кадмий вызывает заболевание костей. Хром поражает кожу (отеки, экзема). Ртуть вызывает хроническое отравление, нарушения в деятельности центральной нервной системы. Бериллий является ядом общетоксичного действия с высокой степенью кумуляции, поражающим центральную нервную систему;
- *химические вещества*: цианиды, мышьяк, фтор, бор и др. Так, концентрация фтора свыше 1,5 мг/л вызывает флюороз, поражающий кости человека;

- *пестициды*, используемые при обработке сельскохозяйственных угодий. Их вредные действия на биосферу зависят от вида продукта и формы его применения;
- *бактериальные загрязнения* воды возбудителями инфекционных заболеваний приводят к эпидемиям (холера, брюшной тиф, сибирская язва, дизентерия и др.);
- *синтетические* поверхностно-активные вещества (СПАВ), нарушающие аэрацию воды и процесс её самоочищения, стимулируют размножение микрофлоры (кишечные палочки, брюшной тиф и др.).

Указанные загрязнения приводят к заболеванию животных и растений.

Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды очень велик, но его точное определение представляет большую сложность. По данным США, общий экономический ущерб наносимый стране от загрязнений атмосферы составляет в среднем 16 млрд. долл. в год.

3.3.2. Действие вредных веществ рабочей среды на человека и природу

Перечень вредных веществ, с которыми, так или иначе, соприкасается человек в процессе своей производственной деятельности, чрезвычайно велик. Это металлы, органические и неорганические химические соединения.

Рассмотрим действие вредных веществ, наиболее широко используемых в машиностроении и в быту. Широкое распространение получают химические соединения, избирательно действующие на функции нервной системы. К числу их относятся гидразины, фосфорорганические соединения (ФОС), карбаматы, фармакологические средства (наркотики, антидепрессанты и прочее). Все эти средства влияют на передачу нервных импульсов в нервной системе. ФОС повсеместно используются в качестве ядохимикатов (хлорофос, карбофос, фосфамин и др.).

Будучи низкотлетучими жидкостями, ФОС проникают в организм через кожу и слизистые оболочки. Источниками отравления могут быть загрязненная пища и вода, воздух с парами и аэро-

золями ФОС. Картина отравления сводится к нарушению функций ЦНС, мышечной, дыхательной, сердечнососудистой систем, желудочно-кишечного тракта и органов зрения.

Широкое использование в технологиях машиностроения металлов определяет необходимость изучения их токсических свойств.

Ряд металлов относятся к группе *тиоловых* ядов (*Pb, Hg, Cd, Ag, Cr, Mn*). Они взаимодействуют с сульфгидрильными (тиоловыми) группами макромолекул организма (ферменты, белковые структуры, аминокислоты). Тиоловые группы осуществляют биохимические процессы, с ними связаны передача нервных импульсов, тканевое дыхание, мышечные сокращения, проницаемость мембран и др.

Один из наиболее опасных металлов этой группы — *свинец*. Он применяется в аккумуляторах, свинцовых красящих пигментах, тетраэтилсвинце при изготовлении бронзы, латуни, припоев и т. д. Опасность представляют его соединения. Свинец поступает в организм через дыхательные пути, а также через кожу и желудочно-кишечный тракт. Свинец и его соединения относятся к политропным ядам, действующим на все органы, но прежде всего на систему крови, нервную и сердечнососудистую системы, а также желудочно-кишечный тракт. Тетраэтилсвинец $Pb(C_2H_5)_4$ — это металлоорганическое соединение в виде маслянистой жидкости, хорошо растворимой в жирах. Применяется как антидетонатор для двигателей, входит в состав этилированного бензина. В организм попадает через кожу и при ингаляции, накапливается во внутренних органах. Под действием тетраэтилсвинца возникают функциональные нарушения ЦНС и органические изменения. Предельно-допустимая концентрация (ПДК) тетраэтилсвинца в воздухе составляет 0,005 мг/куб.м.

Ртуть Hg и её соединения цианид ртути, сулема и др. попадают в организм в основном через органы дыхания. Ртуть циркулирует в крови и вызывает нарушения обмена веществ, поражает почки, печень, желудочно-кишечный тракт, нарушает функции внутренних органов. Работающие с ртутью должны полоскать рот раствором перманганата калия. ПДК металлической ртути в воздухе рабочей зоны 0,01 мг/куб.м.

Мышьяк и его соединения используются в красильном, фармацевтическом и других производствах. Сильными ядами являются его соединения. В организм попадает в виде пыли, с зараженной пищей, водой. Соединения мышьяка накапливаются в костях, печени, коже, вызывают поражение ЦНС, расстройство обменных процессов.

Кадмий и его соединения используются в электроплавильном, электролитическом, аккумуляторном производствах, в красках. Особую токсичность имеет *CdO*. Попадает в организм через органы дыхания и вызывает их поражение (отёк лёгких), а также поражает желудочно-кишечный тракт, нарушает обменные процессы, уменьшает прочность костей.

Марганец и его соединения применяются в металлургии в качестве легирующих добавок. В организм поступает главным образом ингаляционным путем в виде аэрозолей. Марганец задерживается в костях, головном мозге и других органах. Нарушает активность ферментов нервных клеток, избирательно поражает нервную систему. ПДК марганца для аэрозоля составляет конденсацию 0,05 мг/куб.м.

Многие вещества, используемые в промышленности и в быту, действуют на гемоглобин крови, являющийся переносчиком кислорода. В организме идет распад и синтез гемоглобина. Благодаря большому средству окиси углерода (*CO*) гемоглобину, она вступает во взаимодействие с ним, образуя комплекс карбоксигемоглобин, который не способен присоединять кислород и очень медленно распадается. Отравление средней тяжести сопровождается потерей сознания, а при тяжёлой форме возникает длительное коматозное состояние.

Есть и другие вещества, блокирующие функции крови: гидразинопроизводные, бертолетова соль (*KClO₃*), мышьяковистый водород (*AsH₃*) и др.

К раздражающим веществам относятся соединения хлора, соды, азота в виде кислот, их солей и многие другие вещества. В воздух рабочей зоны они могут поступать в виде газов, паров и аэрозолей.

Раздражающее действие веществ на органы дыхания зависит от их растворимости в воде. Раздражающие вещества задержива-

ются на слизистых оболочках дыхательных путей, вызывают явление химического раздражения и даже ожоги, отёк лёгких.

Хлор широко используется для дезинфекции, для борьбы с сельскохозяйственными вредителями, в анилинокрасочных производствах. Хлор, соединяясь с водой, выделяет хлористый водород и активный кислород, которые вызывают воспалительный процесс. При остром отравлении возникают отёк лёгких, пневмония. ПДК для воздуха рабочей зоны составляет 1 мг/куб.м.

Сернистый ангидрид выделяется при обжоге руд, цветных металлов, сгорании угля и нефти. ПДК для воздуха рабочей зоны составляет 10 мг/куб.м. Поступает в организм ингаляционным путем, нарушает обменные и ферментативные процессы, поражает лёгкие. При остром отравлении возможно потеря сознания, отёк лёгких. Сероводород имеет характерный запах, который ощущается в начальный период. Будучи несколько тяжелее воздуха, он скапливается в ямах, колодцах и т. п. ПДК для воздуха рабочей среды составляет 10 мг/куб.м. На производстве он выделяется при использовании сернистых красителей, гниении органических веществ. Поступает в организм через органы дыхания и кожу. Его действие заключается в поражении ЦНС, блокаде дыхательного центра.

Для *нитрогазов*, ПДК от 2 до 5 мг/куб.м. Они выделяются в процессах нитрации, при электросварке. В зависимости от видов оксидов азота они могут вызывать прижигающее действие, поражение ЦНС, наркотическое действие. Раздражающее действие имеет латентный период, после которого может развиваться отёк лёгких. Аммиак с резким запахом нашатыря хорошо растворяется в воде, используется в термическом, гальваническом производстве, в холодильных машинах и т. д. Аммиак отличается прижигающим и некротическим действием. ПДК 20 мг/куб.м. При остром отравлении наблюдается ожог дыхательных путей, бред, поражение глаз и развитие слепоты.

Органические растворители — химические соединения для растворения твёрдых веществ (смола, пластмасса, красок и т. д.). В эту группу входят спирты, эфиры, хлорированные углеводороды, кетоны, углеводороды и т. п. Вещества этой группы оказывают на организм наркотическое и раздражающее действие, вызывают по-

ражение нервной и кровеносной систем и паренхиматозных органов.

3.4. 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 функции:

- распознавания ситуации в целом по её многим сложным характеристикам, а также при неполной информации о ней;
- осуществления индуктивного вывода, т. е. обобщения отдельных фактов в единую систему;
- решения задач, в которых отсутствует единый алгоритм или нет четко определённых правил обработки информации;
- решения задач, в которых требуется гибкость и приспособляемость к изменяющимся условиям, особенно задач, появление которых заранее трудно предвидеть;
- решения задач с высокой ответственностью в случае возникновения ошибки.

Машине следует поручать:

- выполнение всех видов математических расчетов;
- 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 приведенные 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, необходимо признать, что 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. С целью 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 реальных систем возникающих в практике.

Более сложные классификации СЧМ:

А. По степени участия в работе системы человека:

- автоматические (работающие без человека);
- автоматизированные (с участием человека);
- неавтоматизированные (человек работает без применения сложных технических средств).

Б. По целевому назначению:

- управляющие (основная задача — управление машиной или комплексом);

- обслуживающие (человек контролирует состояние машины, ищет неисправности, осуществляет настройку);
- обучающие (тренажёры, технические средства обучения);
- информационные (радиолокационные, телевизионные и т. п.);
- исследовательские (моделирующие установки, макеты).

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

- моносистемы (один человек, например, пилот или оператор станков с ЧПУ);
- полисистемы (несколько человек, команда), где выделяются: «паритетные» (когда все операторы работают «на равных») и иерархические (с чёткой соподчиненностью операторов).

Г. По типу взаимодействия человека и машины:

- с непрерывным, постоянным (например, система «водитель — автомобиль»);
- частичным, стохастическим (например: система «оператор — компьютер»);
- эпизодическим взаимодействием.

Д. По типу и структуре машинного компонента в СЧМ:

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

Е. По особенностям рабочего процесса:

- детерминированные и вероятностные;
- статические и динамические;
- дискретного и непрерывного действия системы.

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

3.5. 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 системы, 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»*. Суть данного подхода заключается 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 данного 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 носили явно декларативный характер, не подкреплённый технологически. Одновременно с ан-

тропотехническим подходом появился *«системно-технический»* подход, в котором роль человека и техники уравнены. 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 *«че-ловеко-ориентированный»* подход к проектированию (П. Я. Шлаен, В. М. Львов), который постулирует необходимость учёта возможностей человека в системе, но главным образом на первых этапах её проектирования. Далее осуществляется эргономический контроль процесса разработки системы, оценка её эргономичности.

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

Альтернативой данному подходу служит подход, развиваемый автором данного пособия, который называется подходом *«умножения возможностей»*. Согласно ему задачей эргономического проектирования является, прежде всего, расширение возможностей психологической и психофизиологической систем оператора, наделение его новыми свойствами для решения профессиональной задачи. Подчеркнем, что в данном подходе речь идет 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» придает 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 увеличении возможностей тех или иных систем человека. Речь идет 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 дает пилоту новую способность — свободное перемещение 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 является усилителем возможностей 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 задач 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.

3.6. Принципы эргономического обеспечения разработки человеко-машинных систем

Создание человеко-машинных систем осуществляется 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 учета 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 с целью 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

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?
12. Назовите основные загрязнения воздушной среды городов.
13. Что такое смог? Назовите причины его возникновения.
14. Что такое фотохимический туман?
15. Что такое парниковый эффект атмосферы и с чем он связан?
16. Назовите виды загрязнений воды.
17. Назовите виды действия вредных веществ рабочей среды на человека и природу.
18. Перечислите наиболее опасные загрязняющие вещества и дайте описание их действия на организм человека.
19. Опишите действие на человека паров органических растворителей.

Темы для дискуссии

1. Можно ли говорить об инженерно-психологических проблемах разработки видеоманитофона, органов управления магнитофоном, контейнера для хранения видеоманитофона?
2. Какие вопросы рассматривает система (СЭОРЭ) при проектировании сотового телефона для служб охраны комплекса зданий и сооружений?
3. Как защитить человека от действия вредных веществ рабочей среды?

4. Можно ли описать исчерпывающим образом все среды, в которые включена эргатическая система?

Литература

1. Основы инженерной психологии: Учебник для техн. вузов / Б. А. Душков [и др.]; Под ред. Б. Ф. Ломова. — М.: Высшая школа, 1977. — С. 5–17.

2. Котик М. А. Курс инженерной психологии / М. А. Котик. — Таллин: Валгус, 1978. — С. 9–46.

3. Дмитриева М. А. Психология труда и инженерная психология / М. А. Дмитриева, А. А. Крылов, А. И. Нафтульев. — 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 обшей и инженерной психологии. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. — С. 80–89.

5. Климов Е. А. Введение в психологию труда: учебное пособие для студентов и аспирантов психологических факультетов / Е. А. Климов — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998.

6. Уемов А. И. Системный подход и общая теория систем / А. И. Уемов. — М.: Мысль, 1978.

Глава 4. Психофизиологический базис операторской деятельности

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, создает 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, нежели инженеры, которые работают с предметным, измеримым миром физических моделей и технологий. Это совсем другая форма опыта. К сожалению, возникающие иллюзии понятности психологии, её доступности, ведут к попыткам принижения роли психологического знания при проектировании, преувеличенному значению измеряемых характеристик человеческого организма. Возникает инженерная интерпретация психологических знаний. Вещь достаточно опасная, так она как 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 носят 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 метафоричности 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 подающийся прямым из-

мерениям, 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 осуществляется отождествление объекта с эталоном, записанным в памяти.

На стадии опознания наблюдатель выделяет существенные признаки объекта и относит его к определённом 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 эталонами 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 о 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 пред-

метов. Процессы построения перцептивного образа носят автоматический циклический характер, идут постоянно и часто нами не осознаются.

Образ обладает свойством *объективированности*, заключающимся в том, что 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 является результатом конструирующей функции психики. Его содержание обусловлено опытом человека и актуальной 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*, которое является вторичным чувственным образом 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 некоторой сложной 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, происходящих 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 для передачи на носителях различной физической природы — электрических, химических, биохимических и др. Работа мозга — процесс непрерывного изменения и адаптации.

Связь с внешним миром осуществляется посредством эволюционно приобретенных *анализаторных систем*, которые действуют всегда интегрировано, 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, осуществляющий оценку состояния мышц и сухожилий.

Любой анализатор является сложной системой регулирования и включает в себя:

- рецепторы;
- проводящие нервные пути;
- центр в коре больших полушарий головного мозга.

Основной функцией рецептора является превращение энергии действующего на него раздражителя различной физической природы в нервный процесс, сопровождаемое сменой носителя информации, заключенной 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 др.) изменяются в зависимости от оценки цен-

тральными органами мозга значимости и качества полученной информации, и регулируется 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 данные 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. Данный класс задач для своего решения требует знания 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 возникновение *бинокулярного эффекта*, благодаря которому появляется восприятие объёмности предметов, их удаленности 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 (черно-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, причем максимум световой чувствительности глаза смещается в зависимости от уровня освещённости. Этим объясняется *эффект Пуркинье*: при сумеречном освещении синие и зеленые 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 применяются при создании систем цветового кодирования и сигнализации. Обычно используются не более четырех цветов — красный, жёлтый, зелёный и белый. Наиболее тонко глазом различаются длины волн в районе 494 мкм (зеленовато-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 нести энергетическую и информационную роль. 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 применения 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 зрительно-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. Данная 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 $5.6 \cdot 10^9$ 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 механиче-

ские колебания, вызываемые трением молекул при броуновском движении. Парное взаимодействие ушей реализует *бинауральный эффект* или стереоэффект, 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.

Таблица 1

**Звуковые давления и уровни,
часто встречающиеся в жизненных ситуациях**

Звуковое давление, Па	Уровень давления, дБ	Источник звука
0.00002	0	Порог слышимости
0.000063	10	Шелест листья
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 днем
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

Примечание. Па (паскаль) — единица измерения давления в системе СИ. $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$

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 охватывает всё более далекие 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.

Поддача 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., четвертая — примерно вокруг частоты 3500 Гц. При генерации согласных звуков в их спектре большая часть энергии приходится на высокие частоты. Речь нормального голоса лежит в диапазоне 100–8000 Гц. Основной спектр в диапазоне 1000 Гц.

Понимание речевых сообщений зависит от темпа их передачи, наличия интервалов между словами и фразами. Оптимальным счи-

тается 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, нежели, односложные, что объясняется наличием в них большего числа опознавательных признаков. Более точно распознаются слова, начинающиеся с гласного звука. На восприятие слов решающую роль 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 носят сложный характер и требуют 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 важными являются 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. Особенно большая роль данного анализатора проявляется при попадании человека в необычные гравитационные условия, препятствующие его нормальной работе, такие как, например, 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 человеком 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 отчетливо данные эффекты проявляются в профессиях связанных с необычными сенсорными стимуляциями. Так широко отмечают эффекты нарушения пространственной ориентации в деятельности лётчиков, укачивания 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: деятельность по ориентации в ситуациях с затруднениями в восприятии информации; перестройка взаимоотношений человека с самим собой в условиях изоляции; повышенная сонливость; типичная динамика ситуационно-обусловленной эмоциональной напряженности.

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, т. е. свойства анализаторных систем сильно зависят от использования мозгом принимаемой информации. В отношении «значимой» информации наблюдается повышение чувствительности анализаторов и наоборот понижение, если она расшифровывается мозгом как не нужная. В связи с этим необходимо 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 проектирования систем и средств отображения информации, выборе технических решений по организации рабочего места оператора, органов управления. Однако этого явно недостаточно для описания сложных психических процессов, происходящих в человеке при реализации деятельности по принятию решений в СЧМ. Для ответа на возникающие при этом вопросы необходимо обратиться 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». Данные 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, протекающих 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 ра-

боты человеческого мозга, исключает многие существенные, важные в профессиональной деятельности, черты работы механизма психического регулирования. Вместе с тем наука пока не имеет более эффективных, чем информационный и системный подходы, 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 систем, формирующихся в нервной системе.

Выделяют основные процессы памяти — запоминание, сохранение, забывание и восстановление (воспроизведение). В зависимости 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 использования знаний о прошедшем для построения будущего.

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

Оперативная память связана с кратковременной памятью — процессом непосредственного запоминания информации, зависящим от характера запоминаемых стимулов, вида их организации, значимости для субъекта осуществляемой деятельности. По сравнению с понятием «объём кратковременной памяти», которое подразумевает под собой количество объектов, свободно запоми-

нающихся 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» структурированных фрагментов опыта одновременно действующих в сознании. 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 зависимости от контекста и вкуса автора. Именно в ней хранятся данные, необходимые для выполнения 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 научение (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 восприятия — непосредственного) отражения. Мышление носит обобщенный 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 результате 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, приемов 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, подчеркивая 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 понятия, 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 окружающей реальности и активного воздействия на неё. Когнитивный стиль довольно устойчивая характеристика психики индивидуума, которая проявляется при решении широкого класса задач, связанных с интегральной обработкой поступающей информации. Имеются данные, что стилевые особенности человека формируются под действием культурной среды и являются культурно-зависимыми. Так 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 внешнее, достаточно точное решение после длительного анализа в субъективной сфере.

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

Основные, наиболее известные из них:

1. Полезависимость — полenezависимость.
2. Гибкость — ригидность познавательного контроля.
3. Узость — широта диапазона когнитивной эквивалентности.
4. Импульсивность — рефлексивность.
5. Широта категории.
6. Толерантность к нереалистическому опыту.
7. Когнитивная простота — сложность.
8. Фокусирующий/сканирующий контроль.
9. Конкретная — абстрактная концептуализация.
10. Сглаживание — заострение.

Считается, что когнитивные стили являются достаточно устойчивыми образованиями, пронизывающими 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 многократного применения. 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 по эффективной работе с информацией, её структурированием, порождением новых и нахождением точных решений и т. д. Данные 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 большая значимость 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.

Торренс (*Torrance E. P.*) считает креативностью способности к обостренному восприятию недостатков, пробелов в знаниях, недостающих элементов, дисгармонии.

Креативные лучше работают в условиях неопределённости, неполной информации. Это уверенные в себе, с чувством юмо-

ра, 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 по 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.

Имеется 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. Является основным средством 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 объективной передачи речевого сообщения, но и их правильного субъективного восприятия и понимания. Речь носит 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 носит 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 со-

стояний, 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 и 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 — социограммы, 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 в процессе жизни часто попадает в самые различные ситуации, решает задачи разумного поведения в сложной среде. В кибернетическом плане можно говорить о нем 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 психологические описания некоторых из них.

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, происходящие в человеке. Основные характеристики внимания — избирательность, объём, переключаемость, направленность, устойчивость, концентрация, распределение. Выделяют произвольное — подверженное сознательной волевой регуляции и произвольное — обусловленное новизной, физической интенсивностью, контрастностью, значимостью объекта для личности внимание.

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

Понятие внимания связано с понятием «*субъективная сложность*» 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». По настоящее время нет общепринятых определений этого понятия. Чаще всего в него вкладывается сумма социобиоло-

гически 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 — 8-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 вовлеченности в трудовую деятельность.

Социальная эргичность — отражает уровень потребности в социальных контактах, жажды освоения социальных форм деятельности, стремления 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 легкости (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 — Гиппократы. В ней выделяются 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 двадцати чертам, а индивиду присваивался свой индекс темперамента. Ян Стрелю 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 тенденции предпринимать действия с высоким стимулирующим значением или действия, направленные на обеспечение сильной стимуляции 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 связанных 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 берется за данную деятельность, в чем цель его деятельности. Введены понятия *побуждение, импульс, цель, потребность, мотив* и др. Мотивационные влияния проявляются во всех решениях, принимаемых индивидами. Мотив понимается как: врождённая потребность; как состояние депривации (лишения); как нарушение внутреннего равновесия или равновесия с окружающей средой; как

осознанное стремление к определённому типу удовлетворения; как стремление к чему-либо или избегание чего-либо; как стремление к получению новой информации о собственных способностях и компетентности; как высоко обобщённое 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 (*C. P. Alderfer*) ввёл следующие группы потребностей:

Экзистенциальные — должны быть удовлетворены для безопасного выживания индивидуума.

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 обуславливает 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 обеспечения деятельности человека в экстремальных услови-

ях носят 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 — *акцентуированными личностями*. Аномалии характера, связанные с нарушениями в эмоционально-волевой сфере называют *психопатиями*. Обычно выделяют четыре их вида:

- *астенический* — 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;
- *паранойальный* — повышенная подозрительность, недоверчивость, высокая самооценка, склонность к сверх ценным идеям.

Следует при отборе на работу в СЧМ и особенно связанные с ответственностью и угрозой жизни профессии исключать возможность допуска лиц с психопатическими и психопатологическими чертами характера. Это осуществляется в системах профессионального отбора путем использования 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 являются базисом для формирования профессионально-важных качеств (ПВК), вид и содержание которых определяются требованиями конкретной профессии. Отметим, что способности носят более широкий, системный и универсальный характер, нежели профессионально-важные качества. Структура способностей определяет зону регуляторных свойств личности проявляющихся в деятельности. Личность, знающая 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-профессиональное содержание.

4.4.3. Механизмы суггестивно-волевой регуляции

Воля — способность человека действовать в направлении достижения созидательно поставленной цели, 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, концентрировании её 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 напряженность 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, дисциплиниро-*

ванность, самостоятельность, целеустремлённость, инициативность, организованность.

Настойчивость, например — это эмоционально-волевое качество.

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 качествах 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 является ситуативной переменной и зависит от очень большого числа факторов, как внешних, так и внутренних. К ним относятся: возраст, пол, тип нервной деятельности, неопределённость ситуации, стресс и др.

Воздействие на внушаемого человека специальными физическими (свет, пассы, фиксация зрения), психологическими (речевая коммуникация) и установочными факторами ведёт к развитию *измененного 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 имеет большее отношение к физиологическим, а внушаемость к психологическим механизмам.

Внушенные состояния и гипнотические фазы могут возникать у операторов СЧМ самопроизвольно при деятельности в условиях *монотонии*, невысоких уровнях освещения, наличии бликующих элементов 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. В качестве организационных мер применяются меры по

обеспечению научно-обоснованных условий труда и отдыха операторов. Проектировочные решения рабочего места оператора включают анализ алгоритмов и средств индикации на предмет предотвращения монотонии и утомления органов зрения и слуха, ведущих к измененным состояниям сознания.

4.4.4. Эмоции в регуляции деятельности

Поведение человека в физическом мире сопровождается преобразованиями информации и энергии в различных формах, осуществляемыми 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 непосредственной форме. Они отражены в форме приятных или неприятных переживаний и ощущений 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 эмоции 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 идет 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 утомление*. Разные уровни стресса отражены в понятиях *психической напряженности, эмоциональной напряженности, реакции тревоги*.

Под *утомлением* понимают временное снижение работоспособности человека 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 связан с концепцией канадского физиолога Ганса Селье (*H. Selje*) об общем адаптационном синдроме, проявляющемся в виде неспецифической (не зависящей от вида стимулов) реакции организма человека на внешние воздействия.

Психический стресс возникает под действием «психических стрессоров», к которым относятся значения элементов ситуации — ощущаемые и переживаемые субъектом как источник дис-

комфорта. 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:

- субъективная значимость 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. Наблюдается избирательное перераспределение ресурсов организма — те функции, значение которых для деятельности велико — сохраняются и поддерживаются за счет 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 путем:

- 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

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 контрастные 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 возможно применение процедур 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 аналитических 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, Стреляу, 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 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 исключающего влияние на деятельность оператора суггестивных факторов.
3. Как обеспечить эффективность лиц разных типов 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 / Б. Ф. Ломов. — М.: Советское радио, 1966. — С. 107–167.
2. Эргономика зрительной деятельности человека / В. В. Волков, А. В. Луизов, 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 / Е. Т. Соколова. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976.
5. Холодная М. А. Когнитивные стили: О природе индивидуального ума / М. А. Холодная. — СПб.: Питер, 2004.
6. Холодная, М. А. Когнитивные стили и интеллектуальные способности / М. А. Холодная // 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 / В. А. Колга. — 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 / Г. Ю. Айзенк. — Кишинев: Гриф, 1992. — С. 5–9.
11. Леонтьев А. А. Психология общения / А. А. Леонтьев. — Тарту: Тартуский ун-т, 1974.
12. Леонтьев А. А. Что такое язык / А. А. Леонтьев. — М.: Педагогика, 1976.
13. Веккер Л. М. Психические процессы. Том 3. / Л. М. Веккер. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1981. — С. 199–285.
14. Зинченко Т. П. Память в экспериментальной и когнитивной психологии / Т. П. Зинченко. — СПб.: Питер, 2002.
15. Зинченко Т. П. Опознание и кодирование / Т. П. Зинченко. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1981.
16. Русалов В. М. Опыт построения опросника для оценки индивидуально-психологических характеристик темперамента /

В. М. Русалов // Социально-психологические и нравственные аспекты изучения личности. — М.: ИПАН СССР, 1988. — С. 89–94.

17. Психология индивидульных 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 / В. К. Калинин // Эмоционально-волевая регуляция поведения и деятельности: тезисы всесоюзной конференции молодых учёных. — Симферополь, 1983. — С. 171–181.

19. Леонова А. Б. Функциональные состояния человека в трудовой деятельности / А. Б. Леонова, В. И. Медведев. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. — С. 5–73.

20. Немчин Т. А. Состояния нервно-психического напряжения / Т. А. Немчин. — 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 / Э. А. Голубева. — М.: Прометей, 1993. — С. 62–88.

23. Стреляу Я. Местоположение регулятивной теории темперамента (РТТ) среди других теорий темперамента / Я. Стреляу // Иностранная психология, — Т. 1. — 1993. — № 2. — С. 37–48.

24. Ильин Е. П. Мотивация и мотивы / Е. П. Ильин. — СПб.: Питер, 2002.

Глава 5. Человек как исполнительная система. Психомоторные качества человека

В предыдущих главах нами анализировались процессы приёма и переработки информации человеком, особенности возникновения регулирующих процессов на разных уровнях функционирования психики. Целесообразно более подробно рассмотреть характеристики исполнительной системы человека.

5.1. Антропометрические характеристики

Данные характеристики включают размеры тела человека и его отдельных частей. Являются случайными величинами, подчиненными нормальному закону распределения. Различают статические и динамические антропометрические характеристики. Первые используются для установления размеров и параметров рабочего места оператора, а вторые для определения объема 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, которые 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, а по отношению к грудной клетке имеет 16 степеней свободы, а по отношению к опоре (стопам) 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 действие 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*, посредством которых осуществляется воздействие на орган управления;
- *гностические*, направленные на познание объекта. К ним относятся осязательные, ощупывающие, 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 основной характеристикой является время реакции;
- *выполнение последовательного ряда повторяющихся движений* по осуществлению операций кодирования и передачи информации. Их характеристики — темп и ритм движений;
- *манипуляционные*, связанные с дозированием движений по силовым, пространственным и временным параметрам. Используются

зуются при настройке аппаратуры и точной установке управляемого объекта Основной параметр — точность дозирочных 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 нажимов/с, для не ведущей — 5,3 нажимов/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, нежели при повороте налево.

Задачи слежения — заключаются в удержании посредством 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 ~1 Гц.

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

1. Чем обеспечивается разнообразие исполнительных движений человека?

2. Можно ли повторить однажды произведенное 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 дискуссии

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

Литература

1. Ломов Б. Ф. Человек и техника / Б. Ф. Ломов. — М.: Сов. Радио, 1966. — С. 362–403.
2. Справочник по инженерной психологии / Под. ред. Б. Ф. Ломова. — М.: Машиностроение, 1982. — С. 94–127.
3. 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.
4. Цибулевский И. Е. Человек как звено следящей системы / И. Е. Цибулевский. — М.: Наука, 1981.

Глава 6. Деятельность человека-оператора

Интеграция в единое поведение отдельных свойств психофизиологической и психологической структур человека, рассмотренных нами ранее, требует введения более обобщенных категорий. Центральной из них является 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 развертку 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 образец, 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 инструментарий других наук о человеке и применяет методы:

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

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, включенного 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 понимаются психика и конструируемая ею действительность в их реальности и отображении в системе научных психологических воззрений. Адекватность психологического содержания с точки зрения инженерной психологии 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 обрат-

ную 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* является специально проектируемой частью рабочей среды. Оно представляет собой зону, отделённую от природной среды с искусственно создаваемыми условиями. Примеры рабочего пространства — производственный цех, судовой верфь, ангар. *Рабочее место* — это часть рабочего пространства, в котором располагается оборудование, с которым непосредственно взаимодействует человек в рабочей среде. Рабочее место оператора включает в себя в общем случае пульта 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», оснащенная средствами отображения информации, органами управления и вспомогательным оборудованием и предназначенная для осуществления 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, обеспечения 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 с целью 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 идёт непрерывное уточнение и изменение проекта 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 рекурсивных процессов, ведущих к получению требуемого результата.

6.3. Ошибки операторов

Человек, являясь сложной, системой, в принципе не может работать без ошибок, которые могут приводить к достаточно серьезным и трагическим последствиям. Литература и новостные каналы средств массовой информации пестрят сообщениями об ошибочных действиях операторов. Приведем 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 дэнриоку», 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, нанесенного 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 террористического 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».

«Одной из причин авиакатастрофы Боинга-737 14 сентября 2008 года в Перми мог стать установленный на самолёте пилотажно-навигационный прибор, имеющий нетипичную для российских лётчиков индикацию. Об этом сообщил советник генерального директора по связям с общественностью авиакомпании «Аэрофлот-Норд» Игорь Гуревич. «Можно предположить, что прибор, имеющий особую индикацию, мог стать одним из факторов, приведших к трагическим последствиям», — сказал Гуревич.

Боинг-737-500 компании «Аэрофлот-Норд», выполнявший рейс из Москвы, разбился в Перми 14 сентября при повторном заходе на посадку, все находившиеся на борту 88 человек погибли. «Авиакомпания временно приостановила полёты воздушного судна Боинг-737 *VP-BKT*, на котором установлен аналогичный прибор. Причина прекращения полётов связана с тем, что самолёт, как и потерпевший крушение, имеет особую индикацию детекторных стрелок на пилотажно-навигационном приборе», — сказал Гуревич. По его словам, компания получила письмо от главы федерального агентства воздушного транспорта Евгения Бачурина, в котором содержалась рекомендация приостановить эксплуатацию самолёта Боинг-737 *VP-BKT* вплоть до прохождения экипажем тренировок на этом воздушном судне или тренажёре с использованием особой индикации детекторных стрелок на комплексном пилотажно-навигационном приборе, — сообщает РИА Новости. Выведенный временно из эксплуатации Боинг будет заменён самолётом Ту-134, сообщил Гуревич. Как сообщалось, в качестве основной версии катастрофы *Boeing 737-500* компании «Аэрофлот Норд» в Перми рассматривается человеческий фактор. Экипаж *Boeing* не имел большого опыта полётов на этой машине. Как

передает «*NEWSru.com*», известно, что командир корабля почти все свои лётные часы провёл в кресле второго пилота Ту-134. Переучившись на *Boeing* и потренировавшись всего несколько сотен часов в качестве второго пилота *Boeing*, он сразу стал командиром мало знакомого ему судна. Его партнер тоже пересел на *Boeing* совсем недавно, а весь его внушительный лётный стаж был набран в основном на Ан-24. Пилотов, как считают специалисты, мог сбить с толку, например, непривычный им иностранный авиагоризонт — прибор, показывающий наклон самолёта в продольной и поперечной плоскостях. Российский авиагоризонт имеет обратную индикацию — пилот в нём видит качающийся символ самолётка на фоне неподвижного горизонта; иностранные же показывает ему реальный вид из его кабины — качающийся горизонт. «В спокойном гражданском полёте, когда положение машины близко к горизонтальной плоскости, экипаж хорошо поймёт любую индикацию, — объяснил один из лётчиков, привлеченных к расследованию пермской катастрофы в качестве специалиста. — При этом, когда машина входит в экстремальный режим с большими углами тангажа и крена, непривычный качающийся горизонт может сбить неопытного лётчика с толку: правый крен ему покажется левым, а набор высоты — снижением. Возможно, непониманием показаний иностранного авиагоризонта будет объяснена и эта катастрофа». Министр транспорта РФ Игорь Левитин заявил, что 80 % аварий на транспорте происходит из-за человеческого фактора. «Но человеческий фактор — это не только ошибка экипажа, — отметил Игорь Левитин, — но и те условия, в которых работает экипаж, а также те программы, по которым он обучался».

Не будем и дальше утомлять внимание уважаемого читателя. 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 задает 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 является одним из основных путей решения инженерно-психологических задач. Предотвращение ошибок оператора путем грамотного проектирования эргатической системы составляет один из разделов инженерной психологии.

Ошибка — это результат действия, совершенного 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, как нами показано выше, цена ошибки чрезвычайно велика. Следствием ошибки оператора может быть травма, несчастный случай, авария, катастрофа, экологическое бедствие.

Об ошибке оператора можно говорить только в том случае, если он совершал сознательное действие. Ошибка это действие, выполненное вопреки плану.

По месту в структуре деятельности можно выделить следующие виды ошибок связанных с работой психических механизмов человека: *ошибки восприятия, ошибки внимания, ошибки памяти, ошибки мышления и принятия решения, ошибки ответной реакции.*

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

6.4. 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 в значительной мере неопределёнными ситуациями.

По степени непрерывности участия человека — *непрерывную, непрерывную с периодической работой* оператора и *дискретную* деятельности.

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 оценки в сферах восприятия. Исполнительные действия оператора 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. Деятельность интеллекту-

альная 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 (Мунипов, Зинченко, 2001):

1. Оператор-технолог.
2. Оператор-манипулятор.
3. Оператор-наблюдатель, контролер.
4. Оператор-исследователь.
5. Оператор-руководитель.

Нужно отметить, что 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

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 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?
4. Составьте классификацию ошибок возникающих в деятельности оператора атомной станции.

Литература

1. Мунипов В. М. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник / В. М. Мунипов, В. П. Зинченко. — М.: Логос, 2001.
2. Суходольский Г. В. Основы психологической теории деятельности / Г. В. Суходольский. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1988. — С. 7–57.
3. Ломов Б. Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии / Б. Ф. Ломов. — М.: Наука, 1984. — С. 190–231.
4. Шадриков В. Д. Проблемы системогенеза профессиональной деятельности / В. Д. Шадриков. — М.: Наука, 1982.
5. Крылов А. А. Человек в автоматизированных системах управления / А. А. Крылов. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1972.
6. Девисилов В. А. Охрана труда: учебник / В. А. Девисилов. — М.: Инфра-М, Форум, 2009.

Глава 7. Инженерно-психологическое и эргономическое проектирование интерфейса «человек – машина» и рабочей среды

Процедура учёта при проектировании эрготехнических систем требований, вытекающих из анатомо-физиологических свойств человека-оператора и особенностей его психической и социальной организации, носит название «инженерно-психологического проектирования». Это одна из форм проектирования, осуществляемая методами инженерной психологии.

В настоящее время 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 коллективная 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 про-

ектирования. Наряду с психологией, физиологией, анатомией, гигиеной труда, в нем 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. Специфической функцией эргономического проектирования является придание проектируемой человеко-машинной системе эргономических свойств, способствующих повышению эффективности 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, включенной 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 физиологических 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, включенного в профессиональную деятельность. Системный подход является скорее научно-философским методологическим принципом анализа сложных систем, позволяющим систематизировать знания о человеке, нежели процедурой проектирования. Он предполагает сочетание множества планов анализа человека как социобиологического объекта. Часть из них по настоящее время 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 растет их описательная сила, но в тоже 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 обще-методологический 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 соподчиненных 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 носит 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 др. 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.

Большую 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 четкая и последовательная классификация символов внутри алфавита;
- основной классификационный признак 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 использование симметричных символов, 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 теплые тона, безопасности — холодные. Степень опасности обозначается разным цветом. *Красный* — требование остановки действий, *оранжевый* — предупреждение о серьезной 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 разграфлен;
- 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 путем увеличенного размера или штриховки;
- *чёткость* — может быть усилена путем увеличения контраста знаков по отношению к фону, введением 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 черных букв на белом фоне и от 1:8 до 1:10 для белых букв на черном фоне.

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

Например, при расстоянии до текста 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 является простым;
- сообщение является кратким;
- 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, что является фактором, привлекающим внимание оператора.

Необходимо предупредить резкое нарастание сигнала, так как это вызывает рефлекс вздрагивания и 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 важное внимание придают разборчивости и семантике 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 их применения в качестве дополнительных каналов и при работе людей со зрительными и слуховыми нарушениями. Часто используют тактильное кодирование форм органов управления, которые можно различить на ощупь. При выборе тактильных систем возникают вопросы, связанные с количеством стимулирующих участков кожи, диапазоном вибрационных частот, количеством интенсивности и вида воздействия.

7.3. Проектирование органов управления

Органы управления представляют собой элементы интерфейса (связи) в СЧМ, посредством 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 движений, требующие дозированных движений;
- *по характеру использования* — оперативные, используемые периодически, используемые эпизодически;
- *по конструктивному исполнению* — кнопки, тумблеры, переключатели, штурвалы, манипуляторы;
- *по значению* — главные, вспомогательные.

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

Таблица 2

Действие на органы управления

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

Существующее многообразие органов управления отражено в справочной и нормативной документации, но следует отметить,

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 определяют 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 неодинаковы.

В случае большого количества 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, а редко — на периферии. В центральной зоне также располагают аварийные средства отображения и управления. Необходимо 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 возможности возникновения 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, возникновению состояний монотонии, гипнотических фаз.

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

Следующим видом интерфейса является интерфейс прямой манипуляции, в котором реализуется постоянное представление пользователю объектов и результатов действий с ними. Управле-

ние 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. Прототипами таких систем являются 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 и т. д. 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;
- строения модели рабочего места пользователя, формулирования требований к деятельности пользователя, выбор критериев оценки интерфейса;
- разработки сценария работы пользователя с программой, его предварительная оценка и коррекция;
- разработки прототипа пользовательского интерфейса, его отработка, 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 финального 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 данного 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, что данная реальность не существует реально, а является результатом 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 данных систем смещается в область компьютерного моделирования воздействий реальной среды, преобразования последней в образы привычные для оператора. Для генерации *визуальных образов* используются шлемы виртуальной реальности, формирования *образов осязания* — сенсорные перчатки, *слуховых образов* — системы стерео и quadro-фонического воспроизведения.

Основной проблемой, возникающей при моделировании виртуальной среды, является 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 создания образа сверхвозможностей, ведущего к повышению активности оператора. Так, например, оператор-наблюдатель в виртуальной среде может «перемещаться — удалять-

ся» 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 др.)), формировать виртуальную стратегию деятельности, ведущую к выполнению задачи. В данной 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 объём вычислительных возможностей требуемых от системы моделирования виртуального пространства. Виртуальный канал позволяет так же 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 восприятиях 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 содержательным является представляемый сенсорным системам че-

ловека 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 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 различие в источниках действительности.

Иммерсивность отражает также возможность воспроизведения в среде естественных способов сенсорного представления, сформированных в процессе жизни человека в естественной среде. Иммерсивность является технологическим понятием. Она связана с возможностями моделирования в искусственной среде свойств реальной среды. Создается «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 находится в одном месте или окружающей среде, в то 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 индицируемых средствами отображения информации.

Необходимо сразу признать ряд серьезных 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 своем 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 серьезного 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, также как в авиации и космонавтике, имели, прежде всего, технический характер и отражали прогресс в создании новых устройств индикации, управления и методов и средств обучения. Данные решения носили локальный и паллиативный характер, что вело к примату технических методов проектирования над методами инженерно-психологическими. Оператор рас-

сма­три­вал­ся 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 внут­ри- субъ­ект­ной ин­те­гра­ции, воз­ни­ка­ли фе­но­ме­ны ин­тер­фе­рен­ции опы­та. Это яви­лось при­чи­ной сбоев, оши­бок и не­вы­со­кой эф­фек­тив­но­сти дея­тель­но­сти че­ло­ве­ка в та­ких тех­ни­че­ских сис­те­мах.

Вы­хо­дом из сло­жив­ше­го­ся по­ло­же­ния слу­жит вне­де­ние 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 про­фес­си­о­наль­ных за­дач в дей­ст­ви­тель­ном мире. В кон­ст­рук­ции и свой­ст­вах ис­кус­ст­вен­но­го мира ма­ксим­аль­но ис­поль­зу­ет­ся жиз­нен­ный опыт субъ­ек­та. Бо­лее де­таль­но им­мер­сив­ные ин­тер­фе­й­сы бу­дут рас­сма­три­вать­ся во вто­рой ча­сти на­сто­я­ще­го по­со­бия.

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

Воз­мож­но­сти дея­тель­но­сти обу­чае­мо­го в сре­де обе­спечива­ют­ся *ин­тер­ак­тив­но­стью сре­ды* — сте­пен­ю, до ко­то­рой поль­зо­ва­те­ли мо­гут уча­ст­во­вать в из­ме­не­нии и фор­ми­ро­ва­нии её со­дер­жа­ния в ре­жи­ме ре­аль­но­го вре­ме­ни.

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 сте­пен­ю ин­тер­ак­тив­но­сти. Имен­но ин­тер­ак­тив­ность, ото­ра­жа­я эф­фек­тив­ность вза­им­о­дей­ст­вия

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

В виртуальной реальности имеются 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. Например, при решении задачи наведения управляемого объекта на цель в пространстве, оператор вынужден с помощью органов управления решать задачу компенсаторного слежения. Это довольно сложная сенсоромоторная 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 свойств реального мира в свойства виртуального мира осуществляются 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 работы в дефиците времени. Снимаются и другие формы психологических и психофизиологических ограничений

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 эффективность человеко-машинной системы в целом, юзабилити интересуется только эффективностью 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.

Основными разделами юзабилити являются юзабилити проектирование и юзабилити тестирование (*usability evaluation, usability testing*). Первое осуществляется стандартными методами инженерной психологии, а второе основано на проведении экспериментов с целью 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 проведения пользовательского тестирования. Дизайн прототипа создается, оценивается и улучша-

ется до тех пор, пока не достигается необходимая эффективность системы. *Прототипы* — это действующие модели интерфейса. Они могут быть реализованы в разных формах, начиная от упрощенного, 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 с целью выделения вариантов группировок 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», во время симпозиумов, почтой, или с помощью электроники. Для проведения 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 в крупном шрифте, который участник может легко читать, располагаясь за столом. Дается задача группирования элементов в удобные, по мнению испытуемого, группы с просьбой обосновать предлагаемые варианты. Далее проводится обработка результатов, в результате которой ищутся 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 не дорог 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 *ВИММ* 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 контроллеров;
- 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 выяснении 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 проведения 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 использования типовых действий;
- наличие возможностей по предотвращению ошибок пользователя;
- гибкость и эффективность использования интерфейса;
- эстетика и минимализм дизайна;
- наличие в системе диагностических функций и возможностей её восстановления 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 данного метода служит тестирование посредством сети Интернет.

Прямое наблюдение за пользователем осуществляется теневым методом (*Shadowing Method*) путем использования 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 про-

водится анализ пользовательских качеств системы. Каждому свойству присваивается весовой коэффициент. При оценке используют сумму коэффициентов, которая должна быть в результате больше некоторой заранее заданной величины.

Практика показывает высокую экономическую эффективность юзабилити, применение которого на ранних этапах проектирования позволяет значительно экономить время и трудовые ресурсы разработчиков. При этом увеличивается производительность труда пользователя, уменьшаются время и затраты на проектирование и обслуживание. Отмечен рост удовлетворенности пользователей. В результате растут объёмы продаж продукта и доходы компаний использующих методы юзабилити.

7.9. Эмоциональный дизайн (канзай-инжиниринг)

Идея «кансей» родившаяся в недрах японской культуры лежит в основе интенсивно развиваемого в последнее время практического направления инженерной психологии в называемого *эмоциональным дизайном или канзай-инжинирингом*.

Kansei (читается как «*каанзаай*») — японское выражение, состоящее из двух слогов: *kan* — что значит чувство, ощущение, впечатление, и *sei* — что означает эмоциональность, чувственность. Это словосочетание используется для передачи качества удовольствия от использования и контактов с каким-либо объектом или предметом. Из этого следует, что есть объекты, у которых много канзай, а также такие, у которых его чуть-чуть или вовсе нету. Канзай-инжиниринг часто соотносят с сенсорной инженерией или эмоциональным юзабилити. Тем не менее, сегодня канзай инженерия включает многие научные дисциплины — это науки о человеке, социальные науки и природоведение. Идейный автор канзай инженерии, Митсуо Нагамачи, считает что, для успешного канзай-дизайна необходимо хорошо разбираться в общей психологии и в психологической философии.

Сама техника канзай дизайна включает выявление у людей индивидуальных чувственных и эмоциональных переживаний, а затем проецирование этих желаемых эмоций на дизайн конкретных объектов. Она подобна технике юзабилити — одного из направ-

лений инженерной психологии занимающегося проектированием и тестированием интерфейсов. Однако в канзай основной упор делается на исследовании не функциональных удобств, а эмоционального фона, который создаёт продукт, включении конкретных эмоциональных переживаний в его дизайн. Канзай технологии имеют серьёзные достижения в техническом проектировании. Сотрудники японского института робототехники университета Мейджи (*Robot and Science Institute of Meiji University*) разработали робота, способного выражать свои эмоции. Модель под названием Kansei способна хмуриться и улыбаться благодаря искусственным мышцам. Робот *Kansei* (в переводе обозначает эмоции и чувствительность) также оборудован специальным программным обеспечением для распознавания речи (андроид может понимать около 500 тысяч слов и предавать 36 выражений лица). У робота имеется динамик для воспроизведения голоса и минимоторчики для управления искусственной кожей на лице.

Первым своим успехом новая концепция обязана компании *Mazda Motors*. В конце 80-х — начале 90-х годов, японский автомобильный дизайнер *Тошихико Хирей*, воодушевлённый трудами Нагамачи и под его патронажем, создал уникальный автомобиль — *Mazda MX5 Miata*. Результат был настолько удачным и ошеломительным во всех отношениях, что *Mazda MX-5* до сих пор удерживает рекорд Гиннеса как самый продаваемый родстер!

Сам термин *Kansei Engineering* был введён в США той же компанией *Mazda Motors*. В основу концепции лег одноименный труд, написанный легендарным *Тошихико Хирей* и *Такао Киджима* — дизайнером *Mazda MX-5* третьего поколения. Создавая очередную эволюцию, Такао Киджима решил обратиться к истокам самой успешной из серии *MX-5* и разыскал первого её творца, который к тому времени уже преподавал в Университете Хиросимы. Впоследствии они написали научный труд названный «Kansei инжиниринг» — он был издан под эгидой Ассоциации автомобильных инженеров США (*SAE*).

Тошихико Хирей, при проектировании автомобиля *Mazda* впервые в разработке авто, во главу угла поставил не технические характеристики такие как скорость разгона или количество

лошадиных сил, а чувства, которые испытывает водитель автомобиля — нравится ли ему звук мотора, получает ли он удовольствие от езды, от общения с машиной. Особая техника и философия дизайна, разработанная в начале 70-х японским профессором Нагамачи Митсуо, призванная преобразовывать эмоциональные переживания и ощущения в конкретные свойства продуктов, только сейчас начинает получать распространение — как новый научный подход в дизайне. Чтобы объяснить новую методику, авторы книги соединили два символа — Ябусаме и Дзинба Иттай. Ябусаме — это традиционный японский верховой лучник, а также старинная японская забава, где нужно взять лук, стрелы и верхом на лошади, несясь во весь опор, поразить мишень. Символ Дзинба Иттай обозначает единство всадника и лошади в момент, когда по мишени выпускается стрела. Смысл этой символики таков — для того чтобы попасть в цель, всадник, лошадь, лук и стрелы должны быть единым целым. Только так, можно поразить мишень в самое «яблочко». В последнее время канзай технологии приобретают всё большую популярность при проектировании продукции. Так, например, фирма *NESTLE* серьёзно подходит к созданию упаковок для своей пищевой продукции, и использовала философию канзай при создании упаковки шоколада «Чёрная магия». Всё, включая форму, цвет, шрифт, структуру проектировали с учётом ключевых человеческих эмоций. Как следствие был обеспечен значительный рост продаж.

Канзай инженерия начинается с набора продуктов различных между собой, чтобы провоцировать разные эмоциональные отклики. Эти индивидуальные отклики оцениваются с помощью биполярной шкалы. Эта шкала использует два противоположных полюса измеряемого параметра вида простой — сложный, привлекательный — отталкивающий, мягкий — жёсткий и так далее. Участникам предлагают выставлять на шкале отметки, которые показывают как, по их мнению, продукт соотносится с двумя крайними значениями различных атрибутов. Далее, продукт оценивается согласно шкал атрибутов, полученные рейтинги статистически сравниваются, выявляя распределение продуктов вокруг различных критериев оценки. Анализируя все продукты, высоко

оцененные по конкретной характеристике, становится возможным делать выводы, какие элементы восприятия определяют индивидуальные суждения. Канзай инженерию можно применять в разработке любых продуктов, с которыми пользователь общается посредством визуального, слухового или тактильного восприятия. При этом продукт должен обладать достаточной гибкостью, чтобы стало возможным влиять на результат.

Контрольные вопросы

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 снижают её?
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.
29. Что такое кансай? Перечислите основные принципы эмоционального дизайна.

Темы для 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 любого имеющегося в наличии 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 / О. Е. Баксанский // Концепция виртуальных миров и научное познание. — СПб.: РХГИ, 2000.

2. Гарретт Д. Веб-дизайн: книга Джесса Гарретта. Элементы опыта взаимодействия / Д. Гарретт. — СПб.: Символ-Плюс, 2008.
3. Кузьмин В. П. Системность как ступень научного познания / В. П. Кузьмин // Системные исследования. — М.: Наука, 1973.
4. Ломов Б. Ф. О системном подходе в психологии / Б. Ф. Ломов // Вопросы психологии. — 1975. — № 2. — С. 31–46.
5. Магазанник В. Д. Человеко-компьютерное взаимодействие: учебное пособие для вузов / В. Д. Магазанник, В. М. Львов. — Тверь: ООО Издательство Триада, 2005.
6. Никифоров Г. С. Самоконтроль человека / Г. С. Никифоров. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1989.
7. Раскин Д. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем / Д. Раскин. — М.: Символ-Плюс, 2004.
8. Хрестоматия по инженерной психологии / Под ред. Б. А. Душкова. — М.: Высшая школа, 1991. — С. 158–197.
9. 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.
10. ISO 9241–11: Guidance on Usability.
11. Human-Computer Interaction: Concepts and Design (Hardcover) / J. Preece, Y. Rogers, H. Sharp, D. Benyon, S. Holland, T. Carey. — Publisher: Addison Wesley, 1994.

Глава 8. Система эргономического обеспечения разработок и эксплуатации эрготехнических сред

Основная цель системы эргономического обеспечения разработок и эксплуатации эрготехнических сред — обеспечение внедрения и использования достижений научно-технического прогресса, производственных и социально-экономических достижений страны и человечества для обеспечения 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 эргатической 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, с целью 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 (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 носит черты самоорганизующейся социальной системы, 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 посред-

ством 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, в 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, значимость экспертизы.

На начальной фазе разработки важно определить показатели, отражающие эргономические свойства разрабатываемого изделия. Желательно, чтобы они могли быть количественно измерены, что обеспечивает возможность их сравнения до и после внедрения соответствующих изменений направленных на повышение эргономичности 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 путём поиска 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 и 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, осуществляется внедрение ранее разработанных эргономических рекомендаций 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 является важной компонентой обеспечения эффективности приложений эргономики и инженерной психологии. Реализуется посредством проведения 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 ГОСТ регламентируется требованиями единой

системы конструкторской документации (ЕСКД), которая определяет порядок включения требований по эргономике в общие технические требования к создаваемой продукции.

Кроме того, действует большое количество отраслевых стандартов, документов министерств и ведомств, нормирующих требования к СЧМ. Мы не будем приводить в настоящем пособии всех видов нормативной документации ввиду их значительного объёма. Читатель может самостоятельно ознакомиться 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 «Безопасность 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 техническом задании, нормативно-технических и руководящих документах. В процесс эргономической экспертизы разрабатываются меры по устранению выявленных несоответствий, даются предложения по дальнейшим шагам проектирования.

Цель экспертизы — повышение эффективности СЧМ и удобства 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 основным является 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, формируются требования к конкретному содержанию информационной модели, алгоритмам деятельности, реализуемым на каждом рабочем месте. Идет оценка каждого элемента рабочего места вплоть до конструктивных элементов и отдельных систем.

Для проведения 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. В случае невозможности реализации в полном объёме тех или иных эргономических требований, 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

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 СЭОРЭ?
10. Назовите элементы структуры СЭОРЭ.
11. Какие задачи решает эргономическое обеспечение в научном плане?
12. Какие задачи решает эргономическое обеспечение проектирования в методическом плане?

Темы для 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. Методы и средства эргономического обеспечения проектирования / А. А. Фрумкин, Т. П. Зинченко, Л. В. Винокуров. — СПб: С.-Петерб. гос. ун-т 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. Векер и др. — М.: Мир, 1991.
3. Шлаен П. Я. Эргономическое обеспечение разработки и эксплуатации изделий, управляемых и обслуживаемых человеком: учеб. пособие / П. Я. Шлаен. — М.: МАИ, 1985.

Глава 9. Эффективность систем «человек — машина». Пути её повышения

Конечной целью инженерно-психологического проектирования является создание человеко-машинной системы, выполняющей определённые функции, при максимальном учете человеческих факторов. Степень соответствия параметров системы конечным целям системы 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 часто 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, которая заключается в определении уровня соответствия системы инженерно-психологическим требованиям. Данные 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. Существует ряд специфических методов повышения эффективности систем, использующих психологические и инженерно-психологические знания. Это методы профессионального отбора и обучения, применение 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:

- степенью 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 возникновении нештатных и экстремальных условий деятельности. Это учитывается при проектировании путём резервирования, дублирования функций, введением 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, психологическо-

го 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 — вработывание или стадия нарастающей работоспособности. При этом происходит вовлечение в трудовую деятельность всех необходимых ресурсов, организм освобождается от ненужных не связанных с профессиональной функций. Вторая стадия — устойчивая работоспособность. Наблюдается оптимальное сочетание качеств, ведущее к высокой эффективности деятельности. Третья стадия связана с нарастающим утомлением и характеризуется ростом напряженности и перестройкой функциональной системы по мере расходования ресурсов. Наблюдается повышение числа ошибок, сбоев при выполнении деятельности.

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

9.2. Профессиональный отбор и обучение операторов

Профессиональная подготовка оператора протекает в рамках системы профессиональной подготовки состоящей из четырех компонент: профессионального отбора, обучения, поддержания и совершенствования профессионального мастерства, формирование трудовых коллективов.

Профессиональный отбор — система мероприятий, направленных на выявление лиц по своим психофизиологическим качествам и свойствам личности наиболее пригодных 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 данную профессию

может их выполнить даже при предварительном обучении. Например, работа в условиях действия стрессогенных факторов может выполняться только людьми, имеющими ряд особых свойств 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).

Указанные задачи решаются путем применения 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» в случае неправильных действий 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, объекты военной техники и вооружений, системы управления динамическими объектами и быстротекущими процессами и т. д.

После отбора кандидатов наступает этап профессионального обучения, целью которого является создание условий 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 методов обучения, реализующих дидактические принципы — от «простого к сложному», поэтапного формирования навыков, формирующего и ориентирующего 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 обуче-

ния 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 ввиду 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 невысок. 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. Данный комплекс обеспечивает существование среды обучения, в рамках которой происходит интерактивный процесс взаимодействия инструктора с обучаемым, направленный на изменение свойств последнего с целью 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 специальных личностных свойств (морально-психологической устойчивости, умению работы в коллективе, готовности к решению задач в условиях неопределённости и др.), 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. Человек может быть обучен, но не готов к эффективным действиям.

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, путем многократного выполнения обучаемым действий, свойственных управлению реальным объектом».*

В данном определении сделан упор на педагогический метод — повторения, что не совсем точно отражает современный уровень развития технических, психологических и педагогических знаний отражаемых в понятии тренажёр. 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 данном определении новое для нас понятие «обучающая среда». Оно не тождественно простой имитации окружающей обстановки или алгоритмов работы человеко-машинной системы, а содержит в своей основе специально организованные с учетом 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 закончен-

ных элементов) и её взаимодействие с внешней средой. При этом в соответствии со сценарием и этапами обучения избирательно 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 по экономическим критериям или сопряжено с угрозой жизни оператору. В ряде случаев тренажёрная подготовка является единственным методом обеспечения профессиональной готовности оператора.

Необходимо отличать тренажёры от *имитаторов и наглядных пособий*, основная 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 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 и их группы для раздельной тренировки, но дробить деятельность дальше, на отдельные, не имеющие самостоятельной цели акты нельзя.

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

- по изучению материальной части СЧМ;
- по формированию сенсомоторных навыков;
- для формирования навыков работы с приборами управления;
- по подготовке и развертыванию 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 комплексных 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 применение *корректирующих тренажёров* — предназначенных 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. Данные элементы структуры в некоторых тренажёрах могут отсутствовать или заменяться организационно методическими мероприятиями и приемами 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 низ-

кая степень имитации, особенно динамических свойств реального объекта управления, ведет 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 носят эмпирический характер. Тренажёр является элементом системы профессиональной подготовки и имеет специфические элементы позволяющие повысить эффективность его использования:

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

Система объективного контроля: осуществляет оценку действий оператора в учебной задаче; дает 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. Создается, например, с помощью введения в тренировочные задачи игровых элементов реализующих мотивацию достижения и соперничества.

Поддержание и совершенствование профессионального мастерства операторов обеспечиваются периодической аттестацией и профессиональными тренингами. В настоящее время модно использование систем 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 являются системы управления энергетическими установками, полётом космических кораблей, перемещением и функционированием сложных объектов военной техники. Особенности работы человека в данных 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 использующими отличающийся понятийный язык.

Групповая деятельность предполагает наличие организационной структуры построенной по иерархическому принципу — наличие руководителя, осуществляющего координирующие и целеполагающие функции, исполнителей, решающих локальные задачи управления. Цель групповой деятельности — обеспечение деятельности 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 свое 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 данного 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 возникновению несчастных случаев. Это комплексная задача, решаемая как на стадиях проектирования СЧМ, так и в процессе учёта личностного фактора. Существует четыре основных подхода учёта 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 распознаванию факторов риска, работе в нестандартных ситуациях;
- тренировка выполнению деятельности в нестандартных ситуациях.

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

Контрольные вопросы

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 не понимания» оператором инструкций?

8. В чём состоят основные задачи руководителя управляющей 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 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. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов / У. Вудсон, Д. Коновер. — М.: Мир, 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 / Г. В. Суходольский. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1976.

4. Суходольский Г. В. Метод оптимальной компоновки рабочего места человека-оператора: Препринт доклада / Г. В. Суходольский, Е. К. Скалецкий, Г. И. Гусев. — 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 / Г. С. Никифоров. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. — С. 142–169.
7. Небылицин В. Д. К изучению надёжности работы человека-оператора в автоматизированных системах / В. Д. Небылицин // Вопросы психологии. — 1961. — № 6. — С. 9–18.
8. Сергеев С. Ф. Средо-ориентированное обучение / С. Ф. Сергеев // Новые ценности образования: тезаурус для учителей и школьных психологов / Редактор-составитель Н. Б. Крылова. — М., 1995.
9. Платонов К. К. Психологические вопросы теории тренажёров / К. К. Платонов // Вопросы психологии. — 1961. — № 4. — С. 77–86.

ЧАСТЬ II. ПОСТКЛАССИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ И ЭРГОНОМИКА

Глава 10. Изменения и дополнения в концептуальном базисе инженерной психологии

10.1. Ограничения классической инженерной психологии и эргономики

Появление новой техники и технологий требуют применения адекватных инженерно-психологических решений и методов и являются катализатором развития новых научных направлений инженерной психологии. Действительно, в истории 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 рассматривается как звено технической системы, решающее ту или иную её задачу. Такой подход оказался малопродуктивным при анализе сложных систем, так как поведение человека в них осуществляется сложным, плохо формализуемым образом.

Следующим популярным в инженерной психологии подходом стал сформулированный Б. Ф. Ломовым *антропоцентрический подход*. В соответствии с ним машина является орудием труда, с по-

мощью которого осуществляется деятельность человека. Главным становится проектирование деятельности «человека-оператора». Ограничением данного подхода явилась его декларативность. Одного психологического знания оказалось явно недостаточно, чтобы возглавить проектирование сложных технических систем на всех уровнях их создания и эксплуатации.

Одновременно с антропоцентрическим подходом появился *системно-технический* подход, в котором роли человека и техники уравнены. Однако и он не получил должного развития, но уже по причине низкой психологической грамотности инженеров, что проявлялось в игнорировании ими психологического знания или применении бытовых интерпретаций, основанных на здравом смысле.

Деятельностные подходы инженерно-психологического проектирования широко распространены в инженерной среде эргономического направления, работающего с предметной средой естественного мира (Ю. Я. Голиков, 2007). Однако они, позволяя проектировать хорошо известные системы и продукты, тем не менее, малоэффективны при создании новых образцов техники и систем «человек – машина». Описать возникающие при этом отношения, используя алгоритмические модели практически невозможно, так как реальное поведение оператора в сложной технической среде в значительной мере зависит от ситуационных факторов, содержания его опыта и актуального психофизиологического состояния и не является потоковой деятельностью.

К технологиям данного направления относится, прежде всего, развивающаяся в последнее время, технология виртуальной реальности, предоставляющая интерактивные возможности управления (в том числе и дистанционного) системами через искусственные среды. Появляется широкий класс технических систем, основным отличием которых от классических систем является наличие сложноорганизованной технической среды, в которую погружается оператор. Аналогично технологии дистанционных коммуникаций, среды сети интернет, системы группового принятия решений и распределённого управления также плохо поддаются алгоритмизации, и при их создании описанные нами выше деятельност-

ные модели в их классическом варианте не работают. Необходимо констатировать, что решение задач инженерно-психологического проектирования сложных технических объектов и комплексов с элементами группового и социального поведения действующих в них людей затруднено в рамках, действующих в инженерно-психологической практике методологических и категориальных схем, которые должны быть приведены в соответствие с существующим уровнем развития знания и технологий.

10.2. Эволюция взглядов на базовые категории эргономики

Категориальный состав конкретной научной и практической дисциплины образуется совокупностью предельно общих понятий возникших, в результате абстрагирования и отражающих фундаментальные связи и отношения объективной реальности и познания. Каждое научное направление вырабатывает и использует набор собственных категорий, образующих её категориальный аппарат. Это сложно организованный инструмент исследовательского труда, позволяющий добывать новое знание в ответ на запросы практики. Одновременно, это и достаточно консервативный элемент, требующий чрезвычайной осторожности в изменениях его состава и содержания ввиду тотального влияния возникающих следствий на все сферы науки и практики. Вместе с тем отметим, что развитие научного знания предполагает необходимость постоянного наблюдения за эволюцией порождающего его концептуального аппарата с соответствующей при необходимости коррекцией.

Рассмотрим новые категориальных оснований способствующих развитию понятийного и инструментального аппарата прикладных дисциплин по учёту человеческого фактора и в частности инженерной психологии и эргономики в контексте проблемы инженерно-психологического проектирования. Эти задачи связаны с запросами практики. Возникающие при их решении проблемы обусловлены ограниченностью существующего понятийного состава, сформировавшегося ранее и исчерпавшего в известной мере при столкновении с технологическими реалиями современного мира свой созидательный потенциал.

К таким базовым категориям инженерной психологии относятся категории: «деятельность», «информация», «знание», «система человек-машина» в их традиционном понимании. Все они применяются при решении задач инженерно-психологического проектирования и составляют его теоретический и методический базис. Можно выделить ряд ограничений, присущих данным категориям инженерной психологии в их классическом варианте, и определить особенности их современных интерпретаций.

В первую очередь коснёмся категории «информация» и связанных с нею категорий «знание» и «деятельность». Будучи прогрессивной, на первых этапах развития инженерной психологии, кибернетическая метафора работы когнитивной сферы человека в настоящее время вступила в противоречие с полученными во многих науках о человеке данными. В частности она не объясняет феномен специфического влияния содержания человеческого опыта на включение человека в сложные технические системы. Не объясняет информационная парадигма и деятельность человека в условиях неопределённости, феномены обучения, развития личности профессионала, «инсайта» и т. д.

Заметим, что при решении многих задач, решаемых в рамках инженерной психологии в последнее время, не используется категория «информация», что достаточно необычно, так как в одном из популярных определений инженерной психологии прямо говорится, что «это наука, изучающая процессы информационного взаимодействия человека с техникой». Классическая инженерная психология, рассматривающая оператора как элемент системы «человек – машина», прекращает своё конструктивное влияние на процессы проектирования с моментов оценки пропускной способности анализаторных и сенсомоторных систем человека и определения скорости реакции на те, или иные виды стимулов. Оказывается, что человек, как информационная система, работает достаточно плохо. У него низкая скорость обработки и передачи данных. Он обладает ограниченной памятью, часто ошибается, не эффективен при работе с быстротекущими и очень медленными процессами. Словом, это плохой элемент системы и от него нужно избавляться. Что и делается в практике проектирования за счёт по-

вышения степени автоматизации технического звена СЧМ, «правильного распределения функций», введения систем резервирования и дублирования и т. д.

Сильные стороны оператора, рассматриваемые в парадигме когнитивизма, также мало чего дают практику, кроме констатации факта, что человек хорошо решает задачи, требующие индукции, эффективен при распознавании образов, может принимать своевременные и качественные решения. Рассуждения о необходимом объёме оперативной памяти и когнитивных функциях оператора очень расплывчаты, содержат редукцию понятий из общей психологии и являются объяснительной когнитивной моделью слабо передающую специфику процессов протекающих в эргатической системе.

Неудачи при применении категории «информация» в инженерной психологии связаны с тем, что в системе «человек – машина» искусственно объединены две принципиально разные системы — техническая и биологическая. Первая из них может быть описана в терминах приёма, передачи, сохранения и преобразования информации, а вторая — только в терминах различений и работы со знаниями. Это два разных типа систем — система открытая техническая и замкнутая биологическая. Первая функционирует в логике алгоритма управления, вторая — в логике аутопоэтического самовоспроизводства и обеспечения жизнедеятельности организма (У. Матурана, 1996).

Вместе с тем классическая инженерная психология не делает различий между данными системами, оперируя только с их поведенческими, наблюдаемыми характеристиками, что выражается в терминах «свойств человека-оператора» влияющих на эффективность системы «человек – машина». Попытка «учёта свойств» человека, включенного в техническую систему, приводит к их поиску. Однако в процессе поиска меняются свойства системы «человек – машина» в целом. Человек является системой, свойства которой определяют наблюдателем, а не зафиксированы в структурной форме.

Не выдерживает критики и применение в классическом инженерно-психологическом проектировании концепта «знание», используемого часто в качестве синонима термину «информация».

При этом возможна передача знаний от одного источника к другому, оно может существовать независимо от своего источника и носителя. Однако современный взгляд на работу живых биологических систем, к которым относится человек, состоит в том, что знание в них не эквивалентно информации.

Рассмотрим основные постклассические представления базовых понятий инженерной психологии и эргономики.

10.2.1. Понятие «среда»

Самой общей трактовкой понятия «среда» является представление о ней как о совокупности условий, способствующих или затрудняющих тот или иной вид деятельности субъекта, осуществляемой в условиях данной среды. Отсюда следует первая общепринятая характеристика среды: среда объектна и проявляет себя только во взаимодействии с субъектом. Однако такой взгляд отражает позиции инструментализма, не учитывающего того факта, что среда сама является результатом психической деятельности, конструкцией человека. Представленная субъекту среда есть субъективный конструкт, с которым он имеет дело, воспринимая его как объективную реальность. Из этого следует вывод, что человек, включенный во взаимодействие с технической системой, не контактирует непосредственно с нею, а имеет дело с особой психологической сущностью — *субъективной средой*, которая и является средой аккумулирующей всё связанное с его профессиональной деятельностью. Именно здесь разворачиваются события, история его профессиональной деятельности. Это понятие отличается от используемого в классической инженерной психологии понятия «концептуальная модель», которое является вторичным представлением.

Система «человек – машина» порождает техническую среду, деятельность в которой приводит к профессиональному результату — получению продукта. Поэтому нельзя говорить о деятельности вне среды, в которой она осуществляется. Среда в современной трактовке — это не только условия деятельности, но и психологический феномен, порождаемый в ответ на требования физической и социальной реальностей.

Постклассический вариант инженерной психологии и эргономики ставит под сомнение целесообразность применения в инженерной психологии понятия «человек – машина» при проектировании сложных технических систем, в которых человек не является звеном, непосредственно взаимодействующим с технической частью системы. Точнее сказать в них человек непрерывно вступает в отношения и прекращает их с множеством систем, выделяемых им из технической среды в процессе формирования цепи «включений-отключений» систем в динамическую сетевую структуру метасистемы, используемой для достижения результата. Классическое понимание отношений человека с техникой в виде системы «человек – машина» не объясняет сетевых взаимодействий, возникающих и реализуемых человеком в процессе достижения результата.

Развитие техники и технологии, их непрерывное функциональное и качественное усложнение, миниатюризация компонентной и элементной базы, переход к нанотехнологиям, создание систем с запрограммированными и адаптивными свойствами, обладающих искусственным интеллектом или реализующих нетривиальные ответы на входные сигналы, приводят к новому пониманию технических систем. Они рассматриваются как системы, порождающие сложноорганизованные технические среды. Такие среды формируются в объектах космической и авиационной техники, энергетических установках, системах управления технологическими процессами, сети Интернет и т. д. Включение в технические среды человека-оператора приводит к появлению в его психике особого образования в виде *эрготехнической среды*.

Примерами эрготехнических сред являются среды, возникающие при работе операторов с интерфейсами управления техническими комплексами, содержащими системы виртуальной реальности. В них оператор погружается в искусственный мир, жизнедеятельность в котором ведет к решению профессиональной задачи. Эрготехнические среды — это новый объект проектирования в инженерной психологии. Он отличается от традиционной — технической среды и является психическим образованием, возникающим в человеке-пользователе. При этом обеспечивается

погружение в мир технической среды человека-пользователя, который теряет функции оператора-манипулятора, превращаясь в жителя в среде, подчиняющегося законам её функционирования. Можно говорить о том, что проектирование деятельности человека меняет своё содержание: с проектирования техники и проектирования деятельности человека-оператора в системе «человек – машина» на проектирование истории человека, действующего в эрготехнической среде, порождаемой в человеке технической системой. Можно говорить о появлении в инженерной психологии нового класса задач — *нарративной* (исторической) линии развития операторско-пользовательской деятельности.

Понятие «среда» широко используемое во многих науках о человеке, например в биологии и педагогике, является новым для инженерной психологии, и необходимость его введения обусловлена качественно новыми свойствами, возникающими при погружении оператора в техническую среду. Исчезает понятие алгоритма деятельности, которое являлось базовым для традиционных систем «человек – машина» являющихся основными объектами классической инженерной психологии. Человек действует в среде, используя множественные возможности, предлагаемые средой для решения задач. Это не классическое взаимодействие с системой, а погружение в эрготехническую среду, глубина которого определяет степень включения психофизиологических и иных систем человека в отношения с системами, составляющими техническую среду технической системы. Идёт процесс формирования, использования и разрушения динамической сети отношений человека-пользователя с технической средой эргатической системы для решения поставленной задачи. В среде строится конфигурация динамической системы, включающей оператора в качестве системообразующего фактора и обеспечивающей его профессиональную эффективность.

Среда, с точки зрения системного анализа, — это система, в которую изучаемая система включена как подсистема в иерархию более высокого уровня (Л. фон Берталанфи, 1969). Среда и система различаются только выбранными точками наблюдения. Система может быть средой для деятельности других систем и, наоборот,

среда — элементом системы. Среды, в которых действует оператор, являются самоорганизующимися средами, свойства которых определяются аутопоэзисом организма и психики человека (У. Матурана, 1996).

Результатом самоорганизации среды человеческого организма, является сохранение его как биологического существа. Среда человеческого общества порождается его социальной организацией. Механизмом самоорганизации выступают социальные коммуникации (Н. Луман, 2007).

10.2.2. Понятие «знание»

Основные положения концептуальных схем описывающих понятие «знание» в постклассическом варианте сводятся к следующему (С. Ф. Сергеев, 2008):

- знание, в отличие от информации, не может быть извлечено из человека, в котором оно существует в неотделимом виде;
- знание нельзя передать непосредственно от человека к человеку. Оно может быть построено только самим учеником, выращено в нём;
- можно говорить о зарождении и развитии знания вместе с рождением организма, его совершенствовании в процессе жизни, приобретении свойств учитывающих опыт субъекта;
- знание не обладает дискретной материальной формой, к нему не применимы операции аналогичные операциям с физическими, материальными объектами;
- знание связано с работой механизма понимания;
- знание носит черты социального конструкта, отражающего интерпретации, порождаемые и разделяемые членами общества;
- истина недоступна человеческому познанию, которое имеет дело с интерпретациями, обладающими большей или меньшей популярностью среди членов общества;
- язык выступает в качестве средства конструирования знаний, которые являются социальным продуктом, возникающим в языковой деятельности в процессе коммуникаций.

Чтобы избежать негативных последствий классического варианта инженерно-психологического проектирования в посткласси-

ческой инженерной психологии и эргономике ставится вопрос о проектировании среды деятельности человека, а не деятельности самой по себе как некоторого процесса активного преобразования мира. Разделение мира на физический и психический миры, отделение человека от среды его жизнедеятельности неверны, так как это единая система. Окружающая среда — не пассивное окружение организма, но активная часть системы, ведущая к результативному поведению. Субъект и объект неотделимы и представляют только точки зрения в организации системы «организм — окружающая среда».

В рамках постклассических представлений наблюдается переход от парадигмы системно-ориентированной инженерной психологии к средоориентированной инженерной психологии, что требует рассмотрения среды как психологического объекта.

Возникает и новое определение инженерной психологии:

Инженерная психология — научно-практическая и проектная дисциплина, изучающая профессиональную жизнедеятельность человека в эрготехнических средах, обеспечивающая проектирование эффективных и безопасных профессиональных эрготехнических сред.

Такое определение требует введения категории «среда» в состав общепсихологических категорий и выделение её психологической и инженерно-психологической специфики.

10.2.3. Самоорганизация и аутопоэтические системы

Следующая методологическая категория, используемая в качестве базовой категории при проектировании деятельности человека в технической системе — это системный подход. Его применение по отношению к человеку как системе порождает ряд проблем. Он приводит к выделению человека из мира его жизнедеятельности, выводит из области рассмотрения инженерно-психологического проектирования вопросы формирования цепей взаимодействия человека с профессиональной средой, разрушает целостную включенность человека в среду его опыта. В результате теряются эмерджентные (присущие целому) свойства изучаемой эрготехнической системы.

Отметим и существующую критику системного подхода, которая сводится к ряду претензий:

- он в значительной мере идеологизирован, носит на себе отпечаток марксистской идеологии;
- содержит выраженную технократическую установку и естественнонаучную позицию (человек рассматривается как автомат, лишенный свободы выбора);
- в нём отсутствует психологическое содержание;
- деятельность часто синонимична поведению.

Постклассическая эргономика рассматривает человека как самоорганизующуюся систему, относящуюся к особому классу систем, называемых аутопоэтическими системами. Этот термин был введён в трудах чилийских ученых У. Матураны и Ф. Варелы и обозначает системы, основная цель которых — самовоспроизводство. Система может быть названа *аутопоэтической*, если для неё выполнены следующие пять условий:

1. Система представляет собою сеть взаимодействий на некотором множестве элементов. Под сетевой структурой здесь имеется в виду особый паттерн организации, в котором каждый элемент влияет на каждый (в смысле причинно-следственных отношений).

2. В качестве элементов сети выступают процессы.

3. Это физические процессы.

4. Это процессы воспроизводства системы, т. е. результатом этих процессов является постоянное восстановление и возможное изменение системы.

5. Граница сети — также один из элементов сети, т. е. она находится в сетевом взаимодействии со всеми остальными элементами.

Признаки 1–3 и 5 задают так называемую *автономную*, или *операционально-замкнутую* систему. Такая система только испытывает неспецифическую активацию со стороны внешней среды, определяясь в своём развитии преимущественно внутренними закономерностями. Все причины автономной системы лежат внутри системы. Такая система представляет собою фрагмент реальности, относительно изолированный от окружающей среды. Внешняя среда не может извне определить автономную систему. Закрытость аутопоэтических систем определена их организационной круго-

образностью. Все процессы протекают по замкнутому циклу, разорвать который без утраты этих процессов невозможно.

К аутопоэтическим системам относятся все живые организмы и социальные коммуникации.

Контрольные вопросы

1. Назовите ограничения классических парадигм инженерно-психологического проектирования при разработке сложных систем.

2. В чём Вы видите ограничения антропоцентрического подхода?

3. Что послужило ограничением для развития системно-технического подхода?

4. В чём ограничения деятельностного подхода?

5. Перечислите базовые категории инженерной психологии и причину кризиса в классической парадигме.

6. Опишите постклассическое определение понятия «среда».

7. Что такое эргатическая среда?

8. Что такое нарративная линия развития операторско-пользовательской деятельности?

9. Сформулируйте основные положения концепта «знание» в его постклассическом значении. Сравните с классическими представлениями.

10. Дайте постклассическое определение инженерной психологии.

11. В чём заключается критика системного подхода в его классическом варианте?

12. Перечислите условия позволяющие отнести систему к классу аутопоэтических систем.

Темы для дискуссии

1. Конструктивистские идеи в инженерной психологии и эргономике.

2. Опишите систему «водитель — автомобиль» с классической и постклассической точек зрения.

3. В чём сходство и различия методов инженерно-психологического проектирования эргатических систем применяемых в классической и постклассической парадигмах проектирования?

4. Сильные и слабые стороны конструктивистской методологии как средства междисциплинарной интеграции знаний.

Литература

1. Гибсон Дж. Экологический подход к зрительному восприятию [Текст] / Дж. Гибсон. — М.: Прогресс, 1988. — 464 с.

2. Сергеев С. Ф. Обучающие и профессиональные иммерсивные среды / С. Ф. Сергеев. — М.: Народное образование, 2009.

3. Сергеев С. Ф. Конструктивизм и обучающие среды / С. Ф. Сергеев // Философия образования. — 2006. — № 2(16). — С. 215–222.

4. Сергеев С. Ф. Концепт знание в парадигме конструктивизма / С. Ф. Сергеев // Вестн. С.-Петербур. ун-та. — Сер. 12. — 2008. — Вып. 3. — С. 418–427.

5. Матурана У. Биология познания / У. Матурана // Язык и интеллект. — М.: Прогресс, 1996.

6. Сергеев С. Ф. Понятийный базис постклассической эргономики / С. Ф. Сергеев // Передовые технологии в авиаприборостроении. Материалы V Всероссийской научно-технической конференции Национальной Ассоциации авиаприборостроителей (НААП). — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. — С. 101–107.

Глава 11. Основы теории иммерсивных сред

11.1. Понятие «иммерсивная среда»

Рассмотрим общие определения понятия иммерсивная (погружающая) среда и его специфику, проявляющуюся в процессе деятельности человека в технической системе (с технической системой).

В традиционном понимании эрготехническая среда представлена физической системой (множеством систем) и человеком

(группой), реализующими совместно заданные целевые функции человеко-машинной системы в результате организации поведения человека (группы). Это достигается в процессе диалога посредством выполнения алгоритмов функционирования и профессиональной деятельности оператора.

Отличие данного класса сред от других в постклассическом понимании состоит в том, что это операционально-закрытые системы, имеющие внутренние механизмы стабилизации состояний и обеспечения свойств в диапазоне самоорганизации. Данные механизмы могут быть локальными или глобальными, находящимися полностью в среде или частично вне неё.

Технические среды современных эргатических систем приобретают по отношению к оператору ряд свойств, обусловленных сложностью систем и их самоорганизующимся характером:

- они становятся всё более недоступными пониманию операторов, работающих в них. Представляется, что очень многие возможности систем никогда не будут использованы, так как операторы, да и разработчики систем, просто ничего не знают, и не подозревают об их существовании;
- в них заложены ошибки, ведущие к сбоям деятельности (нарушениям в технической среде), но которые никогда не будут найдены.

В свою очередь наблюдаются изменения в операторе и операторской деятельности:

- концептуальная модель, формируемая в операторе, начинает носить метафорический эмпирический характер. В ней исчезают признаки точного знания. Алгоритмы деятельности оператора отрываются от физического поведения системы и становятся слабосвязанными с ним;
- оператор управляет не параметрами системы, а её поведением;
- оператор персонифицирует машину, придает отношениям с ней личностный характер;
- оператор становится в известной мере необучаемым, так как классическое обучение неспособно дать ему требуемого для эффективного управления знания;
- и, наконец, оператор переходит от функций управления и контроля параметров системы к пользованию системой.

Таким образом, в процессе создания сложных технических систем и порождаемых в них технических средах в деятельности операторов *наблюдается тенденция очеловечивания техники*. Она проявляется, в частности, при создании систем искусственного интеллекта моделирующих поведение человека.

Процесс создания единой работоспособной сети отношений оператор — техническая система протекает в форме погружения оператора в техническую среду, сопровождаемого появлением у него чувства присутствия. Оператор в процессе погружения не имеет дело со всем физическим многообразием предоставляемым средой технической системы, а использует только доступную его интерпретациям часть. По мере развития опыта в системе растут и возможности оператора. Растёт уровень погружения и чувство присутствия. Иммерсивные среды обладают рядом свойств, которые не изучаются в классических представлениях об эргатических средах.

11.2. Основные свойства иммерсивных сред

Любая искусственная физическая или виртуальная среда в её единстве с включенным, погруженным в неё субъектом (иммерсивная среда), ведет к появлению психического образования — *иммерсивной обучающей среды*, обладающей обучающим эффектом, выраженность которого зависит от ряда её свойств.

Введём на основании теоретического анализа конструктивистских, постклассических представлений ряд свойств иммерсивной обучающей среды, важных при проектировании обучающих человеко-машинных систем:

- избыточность;
- наблюдаемость;
- доступность когнитивному опыту (конструируемость);
- насыщенность;
- пластичность;
- внесубъектная пространственная локализация;
- автономность существования;
- синхронизируемость;
- векторность;

- целостность;
- мотивогенность;
- иммерсивность;
- присутствие;
- интерактивность.

Данные свойства отражают особенности функционирования среды как самоорганизующейся системы. При этом в среде происходит преобразование одной системы в другую или осуществляется совместная деятельность двух и более систем, по меньшей мере, одна из которых — аутопоэтическая.

1. *Избыточность* как свойство обучающей среды позволяет обеспечить множественность взаимоотношений с нею, результатами которых являются поддержание аутопоэтического цикла и построение эффективной картины действительности. Окружающая физическая среда является принципиально многозначной и многовариантной в отношении своей предметности, своих закономерностей и смыслов, порождаемых действующим мозгом. Это питательная среда для построения опыта.

2. *Насыщенность* среды проявляется в наличии в ней множества ресурсов, связанных с включением психофизиологической структуры человека в искусственные или естественные миры деятельности. Насыщенная среда включает механизмы различений, обеспечивает многовариантность отношений, что позволяет обеспечить широкий спектр влияний на человека.

3. *Наблюдаемость* среды проявляется в процессе конструирования действительности. То, что не наблюдаемо, средой не является, хотя и может присутствовать в физической реальности. В качестве наблюдателя может выступать как субъект, так и другие субъекты, обладающие аналогичными механизмами порождения действительности. При этом наблюдаемое человеком всегда преломляется через призму его индивидуального опыта и имеет личностную окраску. Наблюдаемость среды образует основу для передачи наблюдаемой компоненты опыта.

4. *Доступность* среды *когнитивному опыту* субъекта отражает принципиальную её конструируемость и, как следствие, вызывает в субъективном мире субъекта представление в форме

действительности. Недоступные когнитивному опыту (не конструируемые) элементы реальности субъектом в форме среды не воспринимаются. Доступность среды предполагает и определённую степень готовности субъекта к включению в среду. Доступная среда не всегда вызывает феномен наблюдаемости, так как последний связан более с работой механизма сознания, а доступность предполагает в том числе, и ненаблюдаемые контакты человека со средой.

5. *Пластичность* среды — свойство среды, позволяющее ей легко принимать и обеспечивать стабильность форм, обусловленных многообразием содержания.

6. *Внесубъектная динамическая пространственная локализация* проявляется в конструктах, отделяющих принадлежащие среде свойства от свойств субъекта. В конструктах мозга среда пространственно вне субъекта. Она определяет свойства наблюдателя и проявляется в его субъективной сфере.

7. *Автономность существования* среды проявляется в наличии её собственной истории, не связанной напрямую с опытом субъекта, который появляется и проявляется лишь в процессе взаимодействий со средой. Можно говорить об одновременном существовании истории среды в субъекте, которая доступна только субъекту и истории среды вне субъекта — доступной внешним наблюдателям (в той мере как она порождается в их субъективных мирах, в том числе и в форме культуры). Это разные истории.

8. *Синхронизируемость среды* определяет наличие индивидуальных временных (темпоральных) качеств, присущих всем элементам среды и связанных с процессами модификации опыта обучаемого. Синхронизируемость обучающей среды определяется наличием в ней механизмов локальной самоорганизации, использующих ресурсы среды. Действие данных механизмов вызывает структуропорождающий хаос, из которого отбираются полезные и эффективные структуры.

9. *Векторность среды* определяет интегральное качество среды вызывать направленный обучающий эффект в определённом спектре задач (Сергеев, 1995).

10. *Целостность обучающей среды* характеризует единство и взаимосвязанность её многокачественного содержания социаль-

ной и физической природы со свойствами субъекта. Проявляется в константности восприятия человека, конструирующего и конституирующего среду как мир деятельности.

11. *Мотивогенность* среды — свойство, которое характеризует возможности и механизмы влияния на мотивационную сферу субъекта, модулируя его активность, заставляя принять правила поведения в среде, принуждая и поощряя, поглощая и погружая его в деятельность. Отражает формы диктата социальной среды.

12. *Иммерсивность (погружение)* — важное свойство среды, отражающее её возможности по вовлечению и ориентации субъекта в системе отношений, определяемой содержанием среды. Иммерсивность можно определить как свойства технологической части среды, обеспечивающие психическое состояние человека, в котором его «Я» воспринимает себя окутанным, включенным, взаимодействующим с некоторой средой, обеспечивающей ему непрерывный поток стимулов и опыта.

Высокая степень иммерсивности может достигаться различными способами, в число которых входят: использование систем виртуальной реальности, погружение в мир литературного произведения, изложение материала педагогом и т. д.

В результате погружения в среду у субъекта средового опыта появляется чувство присутствия.

13. *Присутствие* выражает чувство нахождения человека в определённой среде, в том числе и отличающейся от среды непосредственного чувственного опыта. Отличие иммерсивности от присутствия заключается в том, что первое понятие более связано с внешними, технологическими, физическими характеристиками среды, а второе определяет внутренние, субъективные компоненты средового опыта.

В рамках теории иммерсивных сред под *присутствием* понимается динамический процесс-состояние включения человека (его психологической и психофизиологической систем) в ту или иную среду человеческого опыта в процессе их конструирования и освоения. Этот процесс, отражающий взаимоотношения человека с той или иной средой на разных этапах их развития, сопровождается чувством нахождения, присутствия в среде. В нём раскрывается

потенциал действия человека в среде. Среда, ведущая к возникновению чувства присутствия, называется иммерсивной (погружающей) средой.

14. *Интерактивность* — степень, до которой пользователи могут участвовать в изменении и формировании содержания установленной среды в режиме реального времени. Интерактивность — это не просто возможность навигации в мире среды, это власть субъекта по управлению изменениями в этой окружающей среде. При этом виртуальный мир должен отвечать на действия пользователя.

11.3. Постулаты теории иммерсивных сред

Основные исходные положения теории обучения в иммерсивных средах выражаются в постулатах: *самоорганизации, селективности, погружения, присутствия, конструирующей активности обучаемого, взаимной ориентации в процессе обучающей коммуникации, физической непосредственности и субъектной (сознательной) опосредованности — интерпретативности, историчности и интерактивности.*

Их детальное содержание и обоснование будут раскрыты в процессе изложения теории, её методологических и практических аспектов.

Опишем в кратком виде содержание постулатов:

Самоорганизации — процессы обучения идут в обучающих средах, возникающих в действительности субъекта в процессе работы самоорганизующихся систем организма, реализующего аутопоэтические циклы самовоспроизводства, в процессе погружения в физические и/или социальные среды;

Селективности — организм и психика человека избирательно относятся к обмену с внешней и внутренней средами деятельности, пропуская в зону конструирующей деятельности только воздействия, не влияющие на осуществление аутопоэзиса организма и обеспечение истории личности;

Погружения — взаимодействие субъекта с миром осуществляется в форме погружения в среду, степень которого определяет форму и силу возникающих взаимодействий;

Присутствия — включенность человека в ту или иную среду опыта определяется возникновением у него чувства присутствия;

Конструирующей активности обучаемого — процесс обучения проявляется и направляется конструирующей активностью человека; возникающий в её результате мир является конструкцией, позволяющей обеспечить жизнедеятельность человека;

Взаимной ориентации в процессе обучающей коммуникации — определяет замкнутость познающей системы человека, которая не пропускает информацию из внешнего мира, работает с различиями и может быть изменена только посредством ориентации в зоне своих смыслов;

Физической непосредственности и субъектной (сознательной) опосредованности — интерпретативности — отражает факт, что человек является единством двух аутопоэтических систем: тела, непосредственно действующего в мире физической реальности, и сознания — действующего с интерпретациями своего опыта в мире субъективной реальности;

Историчности — всё происходящее в субъективном мире личности подчинено её созданию, сохранению и реализации её истории;

Интерактивности — обучение в среде происходит в процессе интерактивных взаимодействий субъекта с содержанием среды в её внешней и внутренней формах.

Контрольные вопросы

1. Что такое иммерсивность?
2. Назовите свойства современных технических сред по отношению к оператору.
3. Что такое погружение в техническую среду?
4. Что такое чувство присутствия в среде?
5. Перечислите основные свойства иммерсивных сред.
6. Что такое интерактивность и как она связана с чувством присутствия в среде?
7. Назовите постулаты теории иммерсивных сред.
8. Раскройте понятие постулата конструирующей активности.
9. Проинтерпретируйте действие постулата историчности на примере жизненного пути знакомого Вам человека.

10. Все ли среды, существующие в природе, являются иммерсивными средами?

Темы для дискуссии

1. В чём общее и различное в естественных и искусственных средах с точки зрения теории иммерсивных сред.

2. Матрица из фильма «Матрица» как абсолютно иммерсивная среда.

3. Найдите и обоснуйте способы повышения иммерсивности среды тренажёра спортсмена-боксера.

Литература

1. Бергаланфи Л. Общая теория систем, критический обзор / Л. Бергаланфи // Исследования по общей теории систем. — М.: Прогресс, 1969. — С. 23–82.

2. Богданов Н. И. Информация и сознание: интегративные модели инженерии знаний / Н. И. Богданов // Вестник Харьковского государственного автомобильно-дорожного технического университета. — Харьков: Изд-во ХНАДУ. Сб. научных трудов. — Вып. 26. — 2004. — С. 25–26.

3. Венда В. Ф. Системы гибридного интеллекта: Эволюция, психология, информатика / В. Ф. Венда. — М.: Машиностроение, 1990.

4. Голиков Ю. Я. Психология автоматизации управления техникой / Ю. Я. Голиков, А. Н. Костин. — М.: Ин-т психологии РАН, 1996.

5. Голиков Ю. Я. Концепции адаптивной автоматизации и подходы к человеку и технике для современных человеко-машинных комплексов / Ю. Я. Голиков // Психология адаптации и социальная среда: современные подходы, проблемы, перспективы / Отв. ред. Л. Г. Дикая, А. Л. Журавлев. — М.: Ин-т психологии РАН, 2007. С. 392–408.

6. Дубровский В. Я. Проблемы системного инженерно-психологического проектирования / В. Я. Дубровский, Л. П. Щедровицкий. — М.: Изд-во МГУ, 1971.

7. Костин А. Н. Адаптация и взаимное резервирование человека и автоматики / А. Н. Костин // Психология адаптации и со-

циальная среда: современные подходы, проблемы, перспективы / Отв. Ред. Л. Г. Дикая, А. Л. Журавлев. — М.: Ин-т психологии РАН, 2007. — С. 408–425.

8. Крылов А. А. Человек в автоматизированных системах управления / А. А. Крылов. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1973.

9. Луман Н. Социальные системы: очерк общей теории / Н. Луман. — СПб.: Наука, 2007.

10. Сергеев С. Ф. Эргономические проблемы проектирования интерфейса на базе индуцированных виртуальных сред / С. Ф. Сергеев // Мир Авионики. — 2006. — № 3. — С. 62–67.

11. Сергеев С. Ф. Обучающие и профессиональные иммерсивные среды. — М.: Народное образование, 2009.

12. Сергеев С. Ф. Концепт знание в парадигме конструктивизма / С. Ф. Сергеев // Вестн. С.-Петербург. ун-та. — Сер. 12. — 2008. — Вып. 3. — С. 418–427.

13. Суходольский Г. В. Основы психологической теории деятельности / Г. В. Суходольский. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1988.

14. Шлаен П. Я. Эргономика для инженеров: Эргономическое обеспечение проектирования человеко-машинных комплексов: проблемы, методология, технологии. Монография / П. Я. Шлаен, В. М. Львов. — Тверь: ТвГУ, 2004.

Глава 12. Практика инженерной психологии и эргономики иммерсивных сред

12.1. Иммерсивный интерфейс в виртуальных средах

Интерфейс характеризует свойства и технологию человеко-машинной связи, обеспечивающей деятельность человека в технической или обучающей системе. Интерфейс обеспечивает условия, порождающие профессиональную/обучающую среду. Можно выделить две формы интерфейса. Это внешний — технический и внутренний — психофизиологический интерфейсы. Классические системы внешнего интерфейса включают органы управ-

ления, системы представления и отображения информации, элементы эргономики и дизайна рабочего места. От их физических и информационно-динамических качеств в значительной мере зависят функциональные и практические состояния человека-оператора, качество его профессиональной деятельности. Внутренний (психофизиологический) интерфейс характеризует состояние организма и психики оператора, его готовность к выполнению определённых алгоритмов профессиональной/учебной задачи. Внутренний интерфейс совершенствуется под действием различных форм профессионального обучения. Можно сказать, что обучение является процедурой, создающей идеальную форму интерфейса в человеко-машинной системе.

Основные проблемы, возникающие при проектировании физического интерфейса, связаны с необходимостью согласования физиологических, антропологических и биомеханических характеристик человека с механическими органами управления и оптическими системами. Это достаточно сложные задачи, ведущие к созданию машин, содержащих сложную механику и оптику, которые удорожают систему и ограничивают возможности оператора. Выходом из данного положения является использование новых технологий и, в частности, технологий компьютерного моделирования интерфейса, представленного в виде виртуальной интерактивной среды, связующей оператора с технической системой.

Данный новый класс систем интерфейса 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 профессиональных задач в действительном мире. В конструкции и свойствах инструментов, моделируемых в искусственном мире, максимально используется жизненный опыт субъекта.

Отметим важную особенность, связанную с присутствием и деятельностью оператора в среде искусственной физической реальности, — возможность извлекать полезный для практической деятельности опыт, обучаться. Человек в своём контакте с физическим миром имеет такие инструменты для селекции важных

аспектов физической среды, которые трудно, а порою и невозможно предусмотреть в виртуальной среде. В этом основная проблема, возникающая при проектировании эргатических систем данного класса, — что выбрать в качестве содержания среды? Вместе с тем развитие технологий виртуальной реальности позволяет создать виртуальные среды с высокой степенью интерактивности. Именно интерактивность, отражая взаимодействие субъекта с миром, является ключевым понятием, характеризующим эффективность и возможности человеко-машинного интерфейса. Чем выше интерактивность системы, тем большее число параметров моделируемого мира могут быть изменены субъектом в процессе своей жизнедеятельности и тем больший опыт управления может быть извлечен в процессе деятельности.

В виртуальной реальности имеется возможность воздействовать практически на все элементы моделируемого мира и осуществлять это естественным образом. При этом мир отвечает на воздействия своими изменениями, доступными сенсорным системам оператора. Основное достоинство 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. Можно сказать, что в иммерсивном интерфейсе учитывается опыт разработчиков, который ассимилирован в элементах среды интерфейса. Иммерсивный интерфейс погружает человека в искусственный мир, который в свою очередь может быть связан с реальным физическим миром, отображая в своем предметном, пространственном и временном содержании его основные свойства.

Манипуляция в среде иммерсивного интерфейса естественна в отличие от таковой, реализуемой в классических формах парциального интерфейса. В них, например, при решении задачи наведения управляемого объекта на цель в пространстве оператор вынужден с помощью органов управления в виде маховичков синхронно правой и левой рукой совмещать координаты объекта и цели, решая задачу компенсаторного слежения. Это довольно сложная сенсорная 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 свойств реального мира в свойства виртуального мира осуществляются 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 работы в дефиците времени. Снимаются и другие формы психологических и психофизиологических ограничений.

Примерами иммерсивных интерфейсов в игровой деятельности являются компьютерные представления элементов моделируемой виртуальной среды, которые обеспечивают интерактивность между игроком и содержанием игрового мира. Например, это помогающие навигации в среде анимированные персонажи — «аватары», с которыми можно вести диалоги, артефакты, предметы с определённым функциональным назначением и т. д. Понятие «аватар» произошло из индуизма и индийской классической философии и указывало на воплощения духовного существа в человеке. Это нисхождение в иллюзорную форму индивидуальности, видимость, которая для людей является объективной, но есть такая. Это иллюзорная форма не имеет ни прошлого, ни будущего. Она существует в виртуальном мире, но управляется из мира внешнего. Управление аватарами широко используется в ролевых компьютерных играх.

12.1.1. Индуцированные среды

Особым видом иммерсивного интерфейса являются системы с индуцированной виртуальной средой, в которых виртуальная реальность с погруженным в неё оператором копирует в реальное время 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 некоторой реальной среды. В общую схему работы системы управления до-

бавлена 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 воссоздается состояние объектов управляемой системы. Из полученной виртуальной среды оператором может быть извлечена вся необходимая для принятия решения информация. 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.

Первые системы с индуцированной виртуальной средой были созданы в 1993–1995 годах в рамках проекта «Гипервизор» в Центре управления полётами и моделирования Российского космического агентства с целью отработки технологий визуализации с высокой реалистичностью сложных динамических сцен. В систему был заложен целый ряд функциональных возможностей, среди которых в первую очередь необходимо отметить возможность параллельного синхронного многоакурсного синтеза изображений виртуальной сцены, состоящей из заданного числа участников сцены: «актёров» — наблюдаемых объектов, «зрителей» — наблюдающих объектов и «осветителей» — объектов, излучающих электромагнитную энергию заданного спектра. Для управления состояниями сцены используется интерфейс событий. При наступлении данных событий образ сцены, хранимый в памяти в виде описания состояния объектов, оперативно изменяется. Участники сцены — актёры, зрители, осветители и их структурные единицы — могут двигаться в пространстве, а также изменять свои атрибуты (например, у зрителей могут меняться оптические параметры). При этом для управления могут быть использованы заданная программа (сценарий) или моделируемые в реальном времени события (они генерируются имитационной моделью). Для управления виртуальной средой могут быть использованы реальные события, данные о которых поступают от систем слежения за состоянием реального физического объекта.

Разработанная система виртуального присутствия использовалась как средство визуализации при моделировании орбитальных операций.

12.1.2. Системы иммерсивного интерфейса на базе индуцированных сред

Рассмотрим ряд возможных вариантов построения систем иммерсивных интерфейсов эргатических систем, включающих индуцированные виртуальные среды. В качестве критериев для классификации выделяемых систем интерфейса используем отношения «генерируемая среда — реальная среда»; «управляемый объект — индуцированная копия управляемого объекта» и интерактивные свойства межсредового интерфейса.

1. *Системы иммерсивного интерфейса с «тождественным отображением»* — генерируемая в них виртуальная среда точно повторяет эволюцию и содержание реальной среды, а виртуальная копия управляемого объекта дублирует наблюдаемое поведение реального управляемого объекта, подчиняющегося командам оператора.

Примером систем данного класса являются классические системы дистанционного управления. Они позволяют:

- вывести оператора из опасной рабочей зоны (работа с радиоактивными и взрывчатыми веществами, агрессивными средами, участие в боевых действиях);
- исключить действие на оператора экстремальных физических факторов (перегрузок, невесомости, пониженного и повышенного давления среды, загазованности, воздействия ударной волны);
- избежать длительного срока доставки оператора до места деятельности (межпланетные перелёты).

Основные инженерно-психологические проблемы в рассматриваемом классе систем возникают при проектировании элементов среды интерактивной компоненты виртуального интерфейса и, в частности, внутренней немашинной формы органов управления. Обычно виртуальные органы управления проектируют по аналогии, повторяя идеи дизайна, апробированные на физических системах. Однако это далеко не лучший способ моделирования

при создании связи оператора с управляемой средой, так как существующие органы управления далеки от совершенства и являются в известной мере атавизмом.

Существенные ограничения на дизайн органов управления и индикации в традиционном проектировании налагают законы физического мира. Они требуют от создаваемой конструкции определённых предметных свойств, таких как вес, прочность, габариты и другие. Естественно, что в виртуальном мире «законы» природы могут быть совсем другими, и свойства виртуальных органов управления ограничены только фантазией проектировщиков. Так, например, можно постулировать в сценарии среды отсутствие у органов управления и индикации веса, и они смогут зависать в воздухе виртуальной реальности перед оператором или замирать в удобных точках пространства. Можно использовать изменение прозрачности объектов для доступа к вложенной информации и т. д. Аналогичные рассуждения можно провести относительно виртуальной точки наблюдения оператора, положение которой может быть свободно изменено в виртуальном пространстве, придавая органам зрения оператора свойства «гипервидения» — возможности наблюдения визуальной сцены под несколькими ракурсами.

При подготовке операторов систем данного класса представляется полезным использование процедуры «подгонки» виртуальной рабочей среды под конкретного ученика, встраивание в среду. Технологически несложно реализовать процедуру обучения на базе повторения ранее записанных рабочих ситуаций.

2. Системы иммерсивного интерфейса для «слежения в неоптических диапазонах» — являются вариантом систем с тождественным отображением. В них в качестве источника информации об объекте наблюдения используются данные о положении маркеров систем телеметрии, расположенных на управляемом объекте. При этом объект управления непосредственно оператором не наблюдаем. Основная проблема — выделение и генерация параметров фона и объекта в виртуальной сцене, которые могут быть реализованы в виде синхронизируемого фона (создается в реальном времени с использованием информации из естественной среды), или в фиксированной, использующей абстрактную, не связанную с естественной

средой, форме. В качестве примера такого рода систем можно рассматривать тепловизоры и приборы ночного видения.

3. *Системы «фильтрующие отображение»*, — в генерируемой среде повторяются только важные для выполнения профессиональной задачи элементы «реальной среды», объекты управляются синхронно. Данный класс систем позволяет освободить оператора от необходимости восприятия избыточной, ненужной и вредной для осуществления профессиональной деятельности информации, что может использоваться при решении задач слежения за эволюцией объекта на сложном маскирующем фоне или управления в условиях сильных визуальных и шумовых помех. Основные проблемы, возникающие при интеграции оператора в рабочую среду данных систем, связаны с определением необходимого содержания индуцированной сцены.

4. *Системы, «реконструирующие отображение»*, — в генерируемой среде создается объект, обладающий иной, нежели реальный объект управления (наблюдения), перцептивной формой, но они синхронизированы между собой по основным рабочим признакам реального объекта. Например, реальный физический объект сложной формы замещается в виртуальной среде на аналог, обладающий простыми визуальными свойствами, что помогает обеспечить оптимальные условия наблюдения и работы с ним. Проблема проектирования — выделение признаков и вида реконструкции, достаточных и способствующих выполнению задачи.

5. *Системы с «профессионально-ориентированным отображением»* — генерируемая среда наполняется дополнительным по отношению к реальной среде содержанием, способствующим выполнению профессиональной задачи. Это могут быть, например, вводимые в содержание генерируемой среды объекты, содержащие справочные материалы и подсказки. Полезно включение в наблюдаемые признаки объектов дополнительных модальностей, таких как изменение цвета, формы и размеров объекта, его динамических свойств в случае повышения его опасности, изменение свойств ландшафта, освещенности, включение висячих списков, пиктограмм и т. д. Возможно и введение в пространство виртуальной среды анимированных персонажей, несущих различную роле-

вую и информационную нагрузку, помогающих оператору принять правильное решение. Анимированные персонажи могут быть выполнены в виде известных оператору личностей с имитацией их характерного поведения.

Заметим, что профессионально-ориентированное содержание среды может формироваться не только в автономной форме. В нём может широко использоваться информация, получаемая через коммуникационные и информационные каналы. Интересно применение в процессе работы в генерируемой среде различных форм передачи управления анимированным персонажам, отражающим свойства тех или иных систем автоматического управления. Возникают специфические «социальные» отношения между оператором и данными персонажами, что может вызвать эффекты «командной работы», способствующие выполнению реальной деятельности. Полезно в целях поддержания уровня профессиональной готовности введение в виртуальную профессионально-обучающую среду персонального «педагога-наставника», осуществляющего функции справочной помощи и анализа результатов решения обучающих задач.

Основные проблемы, связанные с созданием данного вида интерфейса, лежат в области формирования профессионально-ориентированного содержания виртуальной среды. Это разработка сценариев поведения объектов среды и взаимодействия профессионального содержания среды с оператором. Важны и оценки влияния содержания среды на работу системы интерфейса в целом.

6. *Системы «интерактивного наблюдения»* — данный класс систем погружает оператора в специально организованную аудиовизуальную виртуальную среду, интегрирующую в своем пространстве наблюдаемые объекты и средства работы с ними. Примером такой индуцированной среды может быть система наблюдения за воздушным пространством, в которой оператор имеет средства для придания наблюдаемым объектам дополнительных свойств, позволяющих повысить качество своей деятельности. Например, при наблюдении за группой целей можно придать им определённые классификационные признаки (степень опасности, зона наблюдения и т. д.) и ввести их в виде сопровождающей цветовой

метки. Основные проблемы, возникающие при создании данных систем — определение формы и содержания интерактивной компоненты среды и сценариев деятельности в среде. Основная нагрузка ложится на проектирование предметно-пространственного оформления среды. Задача частично решается методами юзабилити с помощью технологии *3D*-виджетов — объектов, инкапсулирующих *3D*-геометрию и предназначенных для управления другими объектами в сцене.

7. Системы «с масштабированием и реконструкцией связываемых миров» — данный класс виртуальных интерфейсов позволяет связать перцептивную систему оператора с макро- и микро-пространствами, в которых осуществляется его деятельность. Это виртуальные аналоги интерактивных микроскопа и телескопа при дистанционной работе в микро- и макромасштабах. Например, для работы в сфере нанотехнологий с объектами атомарных размеров необходимо поместить их в виртуальный мир, в котором можно проводить с данными объектами адекватные манипуляции, учитывая возникающие в микромире квантовые эффекты.

Работа с виртуальными макромоделями в макромасштабах ведет к значительным временным задержкам в обратных связях, что требует введения в виртуальные модели специальных мер, усиливающих механизмы антиципации.

8. Системы «с интеллектуальным конструированием мира» — индуцированная среда в данном виде систем представляет собой полностью искусственное образование в виде трехмерной реальности, связанное системами трансфера с реальным миром, из которого в процессе анализа выделяется содержание в соответствии с назначением системы. На основе его создаются средства, конструирующие содержание среды. Оператор посредством интерфейса, который тоже может быть модифицирован, осуществляет работу с системой в рамках текущей задачи. Практических реализаций систем данного класса в настоящее время не существует. Однако они потенциально позволяют придать новое качество взаимодействию операторов, погруженных во взаимосвязанные виртуальные миры, представляющие совместно функционирующие ячейки.

12.2. Обучающие иммерсивные среды

Применение техники с высокой степенью автоматизации ведет к появлению новых задач обучения. Их реализация требует пересмотра методических подходов к обучению.

Прежде всего, меняется содержание понятия *профессиональная готовность*, которое традиционно использовалось в отношении конкретного человека и оценивалось по его поведению в учебной деятельности, максимально приближенной к реальной. В современных же системах подготовки речь идет скорее о готовности, решающей поставленную задачу группы, нежели о готовности конкретного специалиста. Традиционно задачи группового взаимодействия возлагались на комплексные тренажёрные системы и тактические тренажёры и решались в процессе оперативно-тактической подготовки. Однако использование традиционных методических решений и тактических тренажёров для подготовки лётчиков самолётов пятого поколения малоэффективно, так как специфика реальных боевых сред и деятельность лётчиков в высокоавтоматизированных системах резко отличаются от привычной. Моделирующие среды существующих тренажёров создавались совершенно для других целей и могут быть недостаточными для обеспечения качественной подготовки лётного состава в новых условиях.

Реальные тактические среды уникальны и требуют принципиально новых подходов к обучению для обеспечения эффективного боевого поведения их участников. Они высоко динамичны, связаны с постоянным дефицитом достоверной и качественной информации, необходимой для принятия правильного решения. Лётчик-одиночка без скоординированной работы со службами раннего предупреждения и информационного обеспечения принимаемого решения обречён на поражение. Современный бой протекает в короткие интервалы времени в условиях помех при активном противодействии и невидимости противника. Актуальное содержание воздушного боя начинает проявляться всего за несколько часов до его начала. Таким образом, умение оператора правильно использовать в бою сопровождающую информацию становится важным фактором достижения боевого превосходства. Заметим, что текущая информация очень быстро устаревает, что препятствует её

использованию в процессе профессиональной подготовки в специализированных учебных центрах. Подготовка должна осуществляться непосредственно перед началом боевой деятельности.

Решение задачи обеспечения боеготовности экипажей самолётов 5-го поколения возможно лишь при применении нового класса систем профессиональной подготовки — *систем оперативного предбоевого срабатывания* (СОПС). В качестве варианта, иллюстрирующего принципы работы данных обучающих систем, которые можно назвать системами включенного обучения, рассмотрим концептуальное описание предложенной автором настоящего пособия системы оперативного предбоевого срабатывания (СОПС) для обеспечения боевой готовности лётчиков самолётов 5-го поколения.

Рассмотрим основные черты СОПС. Техническая реализация СОПС представляет собой виртуальную моделирующую среду, реализованную методами компьютерного моделирования, параметры которой зависят от реальной боевой обстановки. В сущности это полипараметрическая модель боевой обстановки, с высокой точностью имитирующая свойства физической среды и находящиеся в ней объектов, участников боя и отображающая текущую информацию на дисплеях систем визуализации, навигации, целеуказания и управления полётом. Работа в моделирующей среде эквивалентна по своему содержанию деятельности в предстоящих реальных боевых условиях. Ситуативный опыт деятельности в ней и последующий анализ поведения участников позволяют снять критические зоны возможных вариантов развития будущей реальной конкретной ситуации, провести коррекцию поведения участников, модифицировать их состав. Среда моделирования должна обеспечивать включение в её содержание объектов различной физической (свойства самолётов, систем вооружения воздушной среды и т. д.) и психологической (индивидуальные особенности лётчиков-операторов, штурманов, диспетчеров) природы с различными динамическими и поведенческими свойствами. Обеспечивается высокая степень подобия поведения объектов в моделирующей среде поведению, возникающему в реальной деятельности.

Такой подход требует введение в систему моделирования элементов искусственного интеллекта, обеспечивающего близкое к

реальному поведению объектов противника и полную интерактивность в дуэльных и диалоговых вариантах. Отличие моделирующей среды СОПС от среды игровых и комплексных тренажёров, которые иногда считают альтернативой тренажёрам СОПС, заключается в высокой степени подобия динамических характеристик развивающейся ситуации реальной боевой. Вместе с тем здесь не требуются высокоточные визуальные имитации, присущие пилотажным тренажёрам, поглощающие основную часть вычислительных ресурсов систем моделирования. Главное, чтобы сохранялся алгоритм деятельности оператора в его основных темповых и содержательных аспектах.

Важной компонентой работы операторов в среде СОПС является наличие системы тактического и стратегического анализа поведения участников. Придание смысла деятельности каждому участнику и взгляд со стороны на его поведение в рамках решения общей боевой задачи позволяют получить новые свойства коллективного взаимодействия, снять неопределённость будущей боевой ситуации. Корректирующая компонента, реализуемая в тренажёрах СОПС, заключается в возможности оперативного учёта вариантов предстоящего боя. Это достигается путем введения изменений в ключевые точки ситуаций по результатам ранней деятельности. Для обеспечения эффективного предбоевого срабатывания необходимо создание и поддержание баз данных по вероятным участникам боя со стороны противника. Их полнота в значительной мере определяет точность модели противника и соответствие опыта, полученного в модельной ситуации, опыту, возникающему в реальном боевом столкновении. Отметим, что процесс срабатывания в СОПС не должен завершаться для его участников гибелью, пусть и виртуальной. Неудачи пилотов в моделируемой среде с высокой степенью подобия реальности могут восприниматься ими как роковые предостережения, способные повлиять на стрессоустойчивость непосредственных участников предстоящего боя.

Являясь средствами оперативного обеспечения подготовки к конкретной боевой деятельности, СОПС отличаются от тренажёрных систем специализированной и комплексной тренажёрной подготовки, несмотря на содержащиеся в них внешне похожие эле-

менты. Главное отличие в том, что системы оперативного предбоевого срабатывания работают с уже подготовленными лётчиками, и их цель обеспечить решение конкретной боевой задачи, а не формирование профессиональных навыков, знаний и умений, являющееся сущностью тренажёрной подготовки. Основные проблемы, возникающие при создании СОПС, заключаются в создании и работе с базами данных о потенциальных противниках, их поведении и возможностях. Здесь необходимо получение информации как о конкретном пилоте, так и о подразделении, в котором он летает. Особое значение имеют особенности профессионального поведения противника, как индивидуальные, так и проявляющиеся при реализации конкретных тактических задач. В первом приближении можно использовать базу типовых форм тактического применения конкретных видов авиационной техники. Получаемые с помощью специальных средств данные о противнике необходимо своевременно доводить до участников боевых действий с нашей стороны. Техническая реализация СОПС должна обеспечивать мобильность, высокую скорость развертывания, небольшой вес и габариты, возможность дистанционного обмена информацией. Как вариант — это распределённая вычислительная система, включающая в себя моделирующие серверы, работающие через локальную широкополосную сеть, с использованием шифрованных радиоканалов передачи данных, с системами отображения информации, органами управления и вычислительными ресурсами реальной боевой техники. «Подключаемая» радиосеть позволяет экономить ресурсы реальной техники и гибко менять конфигурацию СОПС в зависимости от конкретной задачи.

Изменение содержания профессиональной деятельности лётчика ведет к изменению методологии обучения. Прежде всего, это влечет к отказу от широко принятой в обучении авиационных специалистов методологии тренинга — однообразного многократного повторения элементов деятельности, доведения их до уровня автоматизмов. Практика показывает, что тренинг эффективен только в сенсомоторных видах деятельности, в которых основную роль играют моторные координации. При обучении принятию решений в условиях неопределённости, при активном противодействии

противника, сопровождаемых витальным стрессом, стереотипное поведение может быть деструктивным. Автоматизмы и профессиональные стереотипы при принятии решений в операторской деятельности часто вредны и опасны. Вместе тем добиться снижения сознательного контроля при выполнении деятельности с целью повышения её качества и стрессоустойчивости можно путем использования технологии обучающих сред, реализующих *критические элементы деятельности*, отражающие динамические процессы, возникающие в структуре оперативного управления боевой деятельностью, в которых в процессе боевого столкновения образуются преимущества у одной из противоборствующих сторон. Например, своевременный пуск ракеты по наземной цели и её уничтожение ведут к изменению тактической обстановки и соответствующим изменениям в задачах участников, связанных с получением данного преимущества. Новая ситуация требует новых действий и так далее. Только скоординированная деятельность участников боя позволяет усилить преимущества и, получив превосходство, победить противника. Критические элементы деятельности как динамические образования выявляются при анализе боевых ситуаций при разборе полётов. Однако важно обучить лётчика оперативной подсознательной оценке ситуации и осознанию своей роли в ней в процессе её непосредственного развития. Получение данных новых свойств лётчика-оператора возможно в динамических обучающих средах с высокой информационной и коммуникационной насыщенностью.

12.3. Концепция «умножения возможностей»

Перспективным направлением повышения эффективности человеко-машинных систем в рамках средоориентированного подхода является использование концепции инженерно-психологического проектирования — *«умножение возможностей»*.

В соответствии с нею задачей эргономического проектирования является, прежде всего, расширение возможностей психологической и психофизиологической систем оператора, наделение его новыми свойствами (в том числе и личностными) для решения профессиональной задачи. Подчеркнем, 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 и воздействием технической среды и профессиональной коммуникации. «Новый человек» придаёт эргатической системе новые свойства, ведущие к успешной реализации её целей.

Данный подход отличается от традиционных, принятых в инженерно-психологическом проектировании, подходов тем, что он реализует методологию *взаимного проектирования человека и техники*, которая осуществляется не только на этапах проектирования эргатической системы, но и в процессе её функционирования и эксплуатации. В соответствии с этой методологией в сложных, наделённых искусственным интеллектом, эрготехнических системах происходит активное взаимное влияние пользователя на техническую среду эргатической системы и обратное влияние технической среды на человека-пользователя. Возникающая коммуникация оказывает ориентирующее, проектирующее и корректирующее действие на её участников, в том числе и на систему, обладающую искусственным интеллектом.

На этапе тематической проработки технических решений эргатической системы должны оцениваться вклады каждой новой подсистемы в увеличение возможностей тех или иных систем человека. Речь идет 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. Машина является усилителем и множителем возможностей оператора.

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

Концепция «умножения возможностей» позволяет включить в круг задач, рассматриваемых инженерной психологией, не только

вопросы тематической проработки новых изделий и систем с точки зрения обеспечения технико-технологических аспектов проектирования, но и вопросы формирования посредством технической среды эффективного внутреннего мира профессионала — *техно-конструирование личности*.

Основная задача проектировщиков тематической инженерно-психологической основы технических систем нового поколения — наделение личности оператора посредством техники требуемыми свойствами и инструментами, позволяющими ему успешно решать профессиональную задачу. Оператор получает доступ к свойствам системы, умножающим его возможности эффективной деятельности в профессиональной среде.

Основная проблема организации деятельности оператора не в информировании его о состояниях окружающей среды и системы, а в ориентировании его в доступных возможностях системы. Проектируемая с этой целью система интерфейса должна предложить оператору инструменты влияния на состояние эргатической системы, что позволяет оператору сделать выбор адекватного инструмента воздействия на среду привычным для него способом. Система интерфейса должна анализировать поведение оператора, который может и не заметить подсказок системы и, в случае необходимости, передать управление от оператора интеллектуальным компонентам среды. Перспективно введение систем, обеспечивающих фиксацию внимания оператора на тех или иных элементах профессиональной среды. Необходимо учитывать, что оператор обладает сознанием, свойства которого, наряду с личностными конструктами «Я», определяют индивидуальные способы использования инструментальных, интеллектуальных и моторных компонентов человека и должны быть учтены при проектировании.

Контрольные вопросы

1. Что такое интерфейс? Приведите примеры интерфейса в эргатических системах.
2. Что такое иммерсивный интерфейс?
3. Какие свойства среды определяют эффективность интерфейса?

4. Дайте пример иммерсивного интерфейса на базе технологий виртуальной реальности.
5. Что такое индуцированная среда?
6. Дайте пример индуцированной среды с «профессионально-ориентированным отображением». Опишите её свойства.
7. Что такое аватары и виджеты?
8. Опишите визуальную среду наשלемого прибора прицеливания боевого самолёта.
9. Приведите пример иммерсивной обучающей среды.
10. Дайте концептуальное описание СОПС.
11. Изложите основные черты концепции «умножения возможностей» на примере создания дистанционно управляемого робота-разведчика.

Темы для дискуссии

1. Разработайте систему профессиональной подготовки, использующую конструктивистские принципы обучения.
2. Создайте «абсолютно неуязвимого воина» и «абсолютное оружие» на базе методологии «умножения возможностей».
3. Объясните с позиций теории самоорганизации наличие личностных свойств.
4. Разработайте систему изучения иностранного языка на базе теории обучающих иммерсивных сред.
5. Разработайте иммерсивный интерфейс для кофеварки.

Литература

1. Архитектура виртуальных миров: монография / А. Е. Войскунский [и др.]: под научн. ред. М. Б. Игнатъева, А. В. Никитина, А. Е. Войскунского. — СПб.: ГУАП, 2008.
2. Блаватская Е. П. Учение об аватарах / Е. П. Блаватская // Человек в социальном мире: проблемы, исследования, перспективы. Научно-практический вестник. — Вып. 2. — 2000 — № 3. — С. 11–17.
3. Захаревич А. П. Инженерно-психологические проблемы и перспективы развития систем виртуального дистанционного управления / А. П. Захаревич, В. П. Киселевич, С. Ф. Сергеев // Мир Авионики. — 2005. — № 4. — С. 30–32.

4. Захаревич А. П. Иммерсивность в тренажёрах подготовки водителей грузового автотранспорта / А. П. Захаревич, В. П. Киселевич, С. Ф. Сергеев // Мир Авионики. — 2005. — № 5. — С. 52–55.

5. Захаревич А. П. Проблемы подготовки лётно-операторского состава перспективных авиационных систем / А. П. Захаревич, С. Ф. Сергеев // Мир Авионики. — 2006. — № 3. — С. 58–61.

6. Иванов А. И. Инженерно-психологические проблемы проектирования наשלемой системы индикации для лётчика / А. И. Иванов, В. В. Лапа // Проблемы фундаментальной и прикладной психологии профессиональной деятельности. — М.: Ин-т психологии РАН, 2008. — С. 340–352.

7. Сергеев С. Ф. Эргономические проблемы проектирования интерфейса на базе индуцированных виртуальных сред / С. Ф. Сергеев // Мир Авионики. — 2006. — № 3. — С. 62–67.

8. Сергеев С. Ф. Методология эргономического проектирования систем искусственного интеллекта для самолётов 5-го поколения / С. Ф. Сергеев // Мехатроника, Автоматизация, Управление. — 2007. — № 11. — С. 6–11.

9. Форман Н. Использование виртуальной реальности в психологических исследованиях / Н. Форман, П. Вильсон // Психологический журнал. — 1996. — Т. 17. — № 2. — С. 64–79.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем учебном пособии автор попытался дать читателю некоторую начальную информацию о структуре и содержании эргономического и инженерно-психологического знания применяемого при проектировании технических сред эргатических систем в его классическом и постклассическом вариантах.

Это вводный курс, предваряющий практические работы в сфере эргономики, и его конечно далеко недостаточно, чтобы успешно работать в области создания эффективных человеко-машинных систем. Инженерная психология и эргономика непрерывно расширяют сферы своего влияния в связи с появлением новых технологий, развитием компьютерных коммуникационных и моделирующих сред, технологий Интернет и виртуальной реальности, повышением уровня интеллектуальности окружающей нас техногенной среды, развитием психологического и гуманитарного знания. Практика требует от инженерного психолога серьезной непрерывной работы над собой, повышения уровня общенаучных и специальных знаний и умений. Вместе с тем эргономическое знание, будучи инженерным приложением гуманитарного знания, содержит в себе элементы искусства и творчества. Это открывает широкие возможности для приложения и развития всех Ваших способностей, знаний и умений, дорогой читатель. Каждый может найти новые тропинки в науке и практике позволяющие сделать нашу жизнь интереснее и насыщеннее за счёт создания умной ориентированной на человека среды. Желаю удачи и успехов!

СПИСОК САЙТОВ ПО ЭРГОНОМИКЕ И ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ

1. *Human Factors and Ergonomics* — <http://www.usernomics.com/hf.html> — Ресурсы Интернет по человеческим факторам и эргономике.

2. *Ergoworld* — <http://www.interface-analysis.com/ergoworld/> — Обеспечивает информацией об эргономике, промышленной эргономике, проектировании интерфейсов и юзабилити.

3. *Bad Human Factors Designs* — <http://www.baddesigns.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*).

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

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

13. *Страничка из Википедии по эргономике* — <http://en.wikipedia.org/wiki/Ergonomics> — История, определения и сферы применения эргономики.

15. *Ergoweb* — <http://www.ergoweb.com/> — Общий сайт относительно многих аспектов эргономики. Содержит ряд связей с сайтами других организаций работающих в сфере эргономики.

16. *Environmental Ergonomics Websites (02HUA104)* — <http://www-staff.lboro.ac.uk/~huph/envweb.htm> — Сайт эргономики сред. Содержит много адресов сайтов посвященных эргономике среды и смежных областей.

17. *Ergonomics on About.com* — <http://ergonomics.about.com/> — Обучение основам эргономики.

18. *CU Ergo* — <http://ergo.human.cornell.edu/> — Сайт содержит работы студентов группы человеческих факторов и эргономики обучавшихся в Корнельском университете.

19. *NexGen Ergonomics* — <http://www.nexgenergo.com/> — Информационные ресурсы посвящённые инструментам и программному обеспечению используемым в эргономике.

20. *UCLA Ergonomics* — <http://www.ergonomics.ucla.edu/> — Содержит обучающие программы, подсказки и инструменты для самооценки.

21. *Usability Net* — <http://www.usabilitynet.org/home.htm> — проект Евросоюза направленный на продвижение юзабилити и ориентированный на пользователя дизайнера.

22. *Юзетикс* — <http://usethics.ru/> — сайт российской компании специализирующейся на разработке интерфейсов и юзабилити-тестировании.

САЙТЫ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ И ОБЩЕСТВ ПО ЭРГНОМИКЕ

1. *American Society of Safety Engineers* — <http://www.asse.org> — Это общество сосредотачивается на обеспечении безопасности в правительстве, промышленности и образовании.

2. *Applied Ergonomics Community* — <http://www.iienet2.org/ergo> — место встречи и общения профессиональных эргономистов.

3. *Association of Canadian Ergonomists* — <http://www.ace-ergocanada.ca> — Обеспечивает ресурсы по эргономике в Канаде на французском и английском языках.

4. *The Ergonomics Society* — <http://www.ergonomics.org.uk> — сайт со всесторонней информацией для профессиональных эргономистов.

5. *Foundation for Professional Ergonomics* — <http://www.ergo-foundation.org> — Некоммерческая организация посвящённая созданию атмосферы профессионализма в области эргономики.

6. *Human Factors and Ergonomics Society* — <http://www.hfes.org/web/Default.aspx> — Общество посвящено изучению того, как создать машины и системы, чтобы они соответствовали потребностям их пользователей.

7. *International Ergonomics Association* — <http://www.iea.cc> — Этот сайт обеспечивает информационными ресурсами учёных в области эргономики.

8. *Usability Professionals Association* — <http://www.upassoc.org> — ассоциация посвящена созданию изделий более пригодных к употреблению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адамс Д. Поведение человека-оператора в процессе слежения / Д. Адамс // Инженерная психология. — М.: Прогресс, 1964.
2. Акишиге И. Перцептивное пространство и закон сохранения перцептивной информации / И. Акишиге // Восприятие пространства и времени. — Л.: Наука, 1969.
3. Алякринский Б. С. Основы авиационной психологии / Б. С. Алякринский. — М.: Воздушный транспорт, 1985.
4. Ананьев Б. Г. Теория ощущений / Б. Г. Ананьев. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1961.
5. Андерсон Дж. Когнитивная психология / Дж. Андерсон. — СПб.: Питер, 2002.
6. Аруин А. С. Эргономическая биомеханика / А. С. Аруин, В. М. Зациорский. — М.: Машиностроение, 1989.
7. Багрова Н. Д. Фактор времени в восприятии человека / Н. Д. Багрова. — Л.: Наука, 1980.
8. Баканов А. С. Проектирование пользовательского интерфейса: эргономический подход / А. С. Баканов, А. А. Обознов. — М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2009.
9. Баканова Н. Б. Разработка интерфейсов пользователя корпоративных информационных систем / Н. Б. Баканова, А. А. Обознов. — Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2008.
10. Береговой Г. Т. Психологические основы обучения человека-оператора готовности к действиям в экстремальных условиях / Г. Т. Береговой, В. А. Пономаренко // Вопросы психологии. — № 1. — 1983. — С. 23–32.
11. Бернштейн, Н. А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности / Н. А. Бернштейн. — М.: Медицина, 1966.

12. Бернштейн Н. А. О построении движений / Н. А. Бернштейн. — М.: Медгиз, 1947.

13. Бодров В. А. Компенсаторное слежение за гармоническим сигналом / В. А. Бодров, В. Г. Зазыкин, А. П. Чернышёв // Инженерная психология. — М.: Наука, 1977. — С. 285–301.

14. Бодров, В. А. Профессиональное утомление: Фундаментальные и прикладные проблемы / В. А. Бодров. — М.: Ин-т психологии РАН, 2009.

15. Бодров В. А. Психология профессиональной пригодности: Учебное пособие для ВУЗов. — М.: ПЕР СЭ, 2001.

16. Бодров В. А. Психология профессиональной деятельности: Теоретические и прикладные проблемы / В. А. Бодров. — М.: Ин-т психологии РАН, 2006.

17. Бойко М. И. К вопросу об оптимизации органов ручного управления. / М. И. Бойко [и др.] // Материалы Всесоюзного совещания по робототехническим системам. — Владимир, 1978.

18. Брунер Дж. Психология познания / Дж. Брунер. — М.: Прогресс, 1977.

19. Величковский Б. М. Зрительная память и модели переработки информации человеком / Б. М. Величковский // Вопросы психологии. — 1977. — № 6. — С. 49–61.

20. Венда В. Ф. Системы гибридного интеллекта: Эволюция, психология, информатика / В. Ф. Венда. — М.: Машиностроение, 1990.

21. Вудвортс Р. Экспериментальная психология / Р. Вудвортс. — М.: Иностранная литература, 1950.

22. Вудсон У. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов / У. Вудсон, Д. Конновер. — М.: Мир, 1968.

23. Ганюшкин А. Д. Исследование состояния психической готовности к деятельности в экстремальных условиях: автореф. дис. канд. психол. наук / А. Д. Ганюшкин. — Л., 1972.

24. Галактионов А. И. Основы инженерно-психологического проектирования АСУ ТП / А. И. Галактионов. — М.: Энергия, 1978.

25. Гилбрет Ф. Изучение движений / Ф. Гилбрет. — М.: Наука, 1974.

26. Голиков Ю. Я. Изменение требований к проектированию техники в процессе её усложнения / Ю. Я. Голиков // Проблемы фундаментальной и прикладной психологии профессиональной деятельности. — М.: Ин-т психологии РАН, 2008. — С. 246–262.

27. Горбов Ф. Д. Психоневрологические аспекты труда операторов / Ф. Д. Горбов, В. И. Лебедев. — М.: Медицина, 1975.

28. Гордеева Н. Д. Функциональная структура действий / Н. Д. Гордеева, В. П. Зинченко. — М.: Изд-во МГУ, 1982.

29. Грачёв А. А. Психологическое проектирование производственной организации. Монография / А. А. Грачёв. — СПб.: Ин-т практической психологии, 2008.

30. ГОСТ 20.39.108–85. Комплексная система общих технических требований. Требования по эргономике, обитаемости и технической эстетике. Номенклатура и порядок выбора. — М.: Издательство стандартов, 1986.

31. ГОСТ 26387–84. Система «Человек-машина». Термины и определения. — М.: Стандартиформ, 2006.

32. ГОСТ Р 50948–2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности. — М.: Росстандарт России, 2001.

33. ГОСТ Р 50923–96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерений. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1996.

34. ГОСТ ИСО 8995–2002. Принципы зрительной эргономики. Освещение рабочих систем внутри помещений. — Минск: Издательство стандартов, 2003.

35. Дикая Л. Г. Изучение психофизиологических механизмов регуляции функциональных состояний в экстремальных условиях / Л. Г. Дикая, О. М. Салманова // Системный подход к психофизиологической проблеме. — М.: Наука, 1982. — С. 135–140.

36. Дмитриева М. А. Психология труда и инженерная психология / М. А. Дмитриева, А. А. Крылов, А. И. Нафтульев. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1979.

37. Душков Б. А. Основы инженерной психологии / Б. А. Душков, А. В. Королёв, Б. А. Смирнов. — М.: Деловая книга, 2002.

38. Журавлёв А. Л. Психология совместной деятельности / А. Л. Журавлёв. — М.: Ин-т психологии РАН, 2005.
39. Забродин Ю. М. Основные направления исследований деятельности человека-оператора в особых и экстремальных условиях / Ю. М. Забродин, В. Г. Зазыкин // Психологические проблемы деятельности в особых условиях. — М.: Наука, 1985. — С. 5–16.
40. Завалова Н. Д. Образ в системе психологической регуляции деятельности / Н. Д. Завалова, Б. Ф. Ломов, В. А. Пономаренко. — М.: Наука, 1986.
41. Завалова Н. Д. Принцип активного оператора и распределение функций между человеком и автоматом / Н. Д. Завалова, Б. Ф. Ломов, В. А. Пономаренко // Вопросы психологии. — 1971. — № 3. — С. 3–12.
42. Зазыкин В. Г. Применение принципа инвариантности к анализу и проектированию систем «человек — машина» / В. Г. Зазыкин // Психологические проблемы деятельности в особых условиях. — М.: Наука, 1985. — С. 17–38.
43. Зараковский Г. М. Психологический анализ трудовой деятельности / Г. М. Зараковский. — М.: Наука, 1966.
44. Зараковский Г. М. Закономерности функционирования эргатических систем / Г. М. Зараковский, В. В. Павлов. — М.: Радио и связь, 1987.
45. Зинченко В. П. Теоретические проблемы восприятия // Инженерная психология: под ред. Леонтьева А. Н., Зинченко В. П., Панова Д. Ю. — М.: Изд-во МГУ, 1964.
46. Зинченко В. П. Микроструктурный анализ перцептивных процессов / В. П. Зинченко // Психологические исследования. — М.: 1976. — Вып. 6. — С. 19–31.
47. Зинченко В. П. Эргономика / В. П. Зинченко, В. М. Мунипов. — М.: Тривола, 1996.
48. Зинченко Т. П. Методы исследования и практические занятия по психологии памяти / Т. П. Зинченко. — Душанбе, 1974.
49. Зинченко Т. П. Опознание и кодирование / Т. П. Зинченко. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1981.
50. Зинченко Т. П. Новая технология в профессиональной психодиагностике / Т. П. Зинченко, А. А. Фрумкин // Психологические исследования. — Вып. 1. — СПб., 1997.

51. Зинченко Т. П. Когнитивная и прикладная психология / Т. П. Зинченко. — М.: Московский психолого-социальный институт; Воронеж: Изд-во НПО Модэк, 2000.

52. Ильин Е. П. Нейродинамические особенности личности и эффективность деятельности / Е. П. Ильин // Личность и деятельность: Межвуз. сборник. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. — С. 74–91.

53. Ильин Е. П. Психомоторная организация человека / Е. П. Ильин. — СПб.: Питер, 2003.

54. Инженерная психология в применении к проектированию оборудования / Пер. с англ. Под ред. Б. Ф. Ломова и В. И. Петрова. — М.: Машиностроение, 1973.

55. Инженерная психология. Теория, методология, практическое применение / Рубахин В. Ф. [и др.]. — М.: Наука, 1977.

56. Ительсон Л. Б. Парадоксы восприятия и экстраполяционные механизмы перцепции / Л. Б. Ительсон // Вопросы психологии. — 1971. — № 1. — С. 63–71.

57. Квин В. Прикладная психология / В. Квин. — СПб.: Питер, 2000.

58. Кеннон У. Физиология эмоций / У. Кеннон. — Л.: Прибой, 1927.

59. Клацки Р. Память человека / Р. Клацки. — М.: Мир, 1978.

60. Кондюрин, В. Д. О вероятности визуального опознания различных контуров / В. Д. Кондюрин, В. Е. Сизов // Проблемы инженерной психологии. — М., 1968.

61. Коротеев Г. Л. Профессиональная пригодность и способности обучаемого / Г. Л. Коротеев, А. П. Чернышёв // Психологический журнал. — 1989. — № 3. — С. 93–98.

62. Котик М. А. Курс инженерной психологии / М. А. Котик. — Таллин: Валгус, 1978.

63. Крылов А. А. Человек в автоматизированных системах управления / А. А. Крылов. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1972.

64. Купер А. Алан Купер об интерфейсе. Основы проектирования взаимодействия / А. Купер, Р. Рейман, Д. Кронин. — СПб.: Символ-Плюс, 2009.

65. Леонова А. Б. Психодиагностика функциональных состояний человека / А. Б. Леонова. — М.: Изд-во МГУ, 1984.

66. Ломов Б. Ф. Человек и техника / Б. Ф. Ломов. — М.: Советское радио, 1966.
67. Ломов Б. Ф. О структуре процесса опознания / Б. Ф. Ломов // 18 международный психологический конгресс. — М., 1966.
68. Ломов Б. Ф. Антиципация в структуре деятельности / Б. Ф. Ломов, Е. Н. Сурков. — М.: Наука, 1980.
69. Ломов Б. Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии / Б. Ф. Ломов. — М.: Наука, 1984.
70. Магазанник В. Д. Человеко-компьютерное взаимодействие / В. Д. Магазанник, В. М. Львов. — Тверь: ООО «Изд-во Триада», 2005.
71. Марищук В. Л. Основные концепции обучения в современной педагогической теории. / В. Л. Марищук // Актуальные проблемы военно-спортивной психологии и педагогики. — СПб.: ВИФК, 1994. С. 14–34.
72. Машков В. Н. Дифференциальная психология человека. Учебное пособие / В. Н. Машков. — СПб.: Питер, 2008.
73. Машков В. Н. Введение в психологию человека. Учебное пособие. / В. Н. Машков. — СПб.: Изд-во Михайлова, 2003.
74. Методология инженерной психологии, психологии труда и управления / Под ред. Б. Ф. Ломова, В. Ф. Венды. — М.: Наука, 1981.
75. Мунипов В. М. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник / В. М. Мунипов, В. П. Зинченко. — М.: Логос, 2001.
76. Найсер У. Познание и реальность / У. Найсер. — М.: Прогресс, 1981.
77. Нафтульев, А. И. Инженерно-психологическая концепция тренажёров для подготовки оперативного персонала / А. И. Нафтульев // Техника, экономика, информация. — Сер. Эргономика. — 1986. — Вып. 1–2. — С. 62–66.
78. Небылицин В. Д. Надёжность работы оператора в сложной системе управления / В. Д. Небылицин // Инженерная психология. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1964. — С. 358–367.
79. Никифоров Г. С. Самоконтроль как механизм надёжности человека-оператора / Г. С. Никифоров. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1977.

80.Обознов А. А. Психологическая регуляция операторской деятельности: в особых условиях рабочей среды / А. А. Обознов / Под ред. В. А. Бодрова. — М.: Изд-во «Институт психологии РАН, 2003.

81.Овчинников Б. В. Типы темперамента в практической психологии / Б. В. Овчинников, И. М. Владимирова, К. В. Павлов. — СПб.: Речь, 2003.

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

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

84.Пископпель А. А. Инженерная психология: дисциплинарная организация и концептуальный строй / А. А. Пископпель, Г. Г. Вутетич, С. К. Сергиенко, Л. П. Щедровицкий. — М.: ИД Касталь, 1994.

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

86.Потапова А. Я. Об условиях, затрудняющих протекание опознавательных процессов / А. Я. Потапова // Вопросы психологии. — 1969. — № 4. — С. 67–78.

87.Раскин Д. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем / Д. Раскин. — СПб.: Символ-Плюс, 2007.

88.Розе Н. А. Психомоторика взрослого человека / Н. А. Розе. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1970.

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

90.Рубахин В. Ф. Психологические основы обработки первичной информации / В. Ф. Рубахин. — Л.: Наука, 1974.

91.Сергеев С. Ф. Инженерно-психологическое проектирование системы профессиональной подготовки операторов систем слежения, работающих в экстремальных условиях: автореф. дис. ... канд. психол. наук / С. Ф. Сергеев. — Л., 1987.

92.Сергеев С. Ф. Методологические основы проектирования обучающих сред / С. Ф. Сергеев // Авиакосмическое приборостроение. — 2006. — № 2. — С. 50–56.

93.Сергеев С. Ф. Коннективизм как педагогическая система: Метафора сети / С. Ф. Сергеев // Школьные технологии. — 2008. — № 1. — С. 44–48.

94.Сергеев С. Ф. Курс лекций по инженерной психологии и эргономике / С. Ф. Сергеев. — СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2008.

95.Сергеев С. Ф. Эргономика объектов вооружения: Курс инженерной психологии для конструкторов управляемого оружия / С. Ф. Сергеев. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009.

96.Сергеев С. Ф. Обучающие и профессиональные иммерсивные среды / С. Ф. Сергеев. — М.: Народное образование, 2009.

97.Сергеев С. Ф. Инженерно-психологическое проектирование сложных эрготехнических сред: методология и технологии / С. Ф. Сергеев // Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики / Под ред. В. А. Бодрова, А. Л. Журавлева. Вып. 1. — Изд-во «Институт психологии РАН», 2009. С. 429–449.

98.Соловьёва И. Б. Экспериментальное моделирование и исследования деятельности оператора в условиях эмоционального стресса / И. Б. Соловьёва // Психологический журнал. — 1983. — Т. 4. — № 3. — С. 42–50.

99.Соломин, И. Л. Современные методы психологической экспресс-диагностики и профессионального консультирования / И. Л. Соломин. — СПб.: Речь, 2006.

100.Солсо Р. Л. Когнитивная психология / Р. Л. Сосо. — М.: Тривола, Либерея, 2002.

101.Справочник по инженерной психологии / Под ред. Б. Ф. Ломова. — М.: Машиностроение, 1982.

102.Стрелков Ю. К. Инженерная и профессиональная психология: учеб. пособие для вузов / Ю. К. Стрелков. — М.: Академия, 2005.

103.Суходольский Г. В. Основы психологической теории деятельности / Г. В. Суходольский. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1988.

104. Теплов Б. М. Избранные труды. В 2-х т. / Б. М. Теплов. — М.: Педагогика, 1985.
105. Узнадзе Д. Н. Экспериментальные основы психологической установки / Д. Н. Узнадзе. — Тбилиси: Издательство АН Гр. ССР, 1961.
106. Холодная М. А. Психология интеллекта: парадоксы исследования / М. А. Холодная. — СПб.: Питер, 2001.
107. Хрестоматия по инженерной психологии / сост. Б. А. Душков, Б. Ф. Ломов, Б. А. Смирнов: учебное пособие. — М.: Высшая школа, 1991.
108. Цибулевский И. Е. Ошибочные реакции человека-оператора / И. Е. Цибулевский. — М.: Советское радио, 1979.
109. Чернышев А. П. К вопросу об инженерно-психологическом проектировании полуавтоматических систем управления / А. П. Чернышёв // Психологический журнал. — 1980. — № 5. — С. 105–117.
110. Шадриков В. Д. Проблемы системогенеза профессиональной деятельности / В. Д. Шадриков. — М.: Наука, 1982.
111. Шехтер М. С. Зрительное опознание. Закономерности и механизмы / М. С. Шехтер. — М.: Педагогика, 1981.
112. Шкуратова И. П. Исследование особенностей общения в связи с когнитивным стилем личности: дис. ... канд. психол. наук / И. П. Шкуратова. — Л., 1982.
113. Шлаен П. Я. Дни моей жизни. 66 лет служения Армии и оборонному комплексу. 2-е испр. и доп. издание книги «О себе и обо мне» / П. Я. Шлаен. — М.: ФГУП «ВИМИ», 2007.
114. Штейнбух К. Автомат и человек. Кибернетические факты и гипотезы / К. Штейнбух. — М.: Советское радио, 1967.
115. Шульц Д. Психология и работа / Д. Шульц, С. Шульц. — СПб.: Питер, 2003.
116. Щукин М. Р. О структуре индивидуального стиля трудовой деятельности / М. Р. Щукин // Вопросы психологии. — 1984. — № 6. — С. 26–31.
117. Экман Г. Р. Психофизическое изучение картографических символов / Г. Р. Экман, В. Линдман // Инженерная психология. — М.: Прогресс, 1964.

118. Эннуло Я. Ю. Психологические условия успешности деятельности в некоторых видах операторского труда: автореф. дис. канд. психол. наук / Я. Ю. Эннуло. — Тарту, 1976.
119. Эргономика: принципы, рекомендации. Методическое руководство. — М.: ВНИИТЭ, 1983.
120. Эргономика: Учебник / Под ред. Крылова А. А., Суходольского Г. В. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1988.
121. Эргономика в дизайне среды / В. Ф. Рунге, Ю. П. Манусевич. — М.: Архитектура-С, 2007.
122. Якиманская И. С. Воспитание сенсорной культуры труда / И. С. Якиманская. — М.: Высшая школа, 1969.
123. Booth P. An introduction to human-computer interaction. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1989.
124. Dearden A.; Harrison, M. "Abstract models for HCI" // International journal of human-computer studies, 1997, v. 46, n. 1, pp. 151–177.
125. Erickson T.; McDonald D. W. (editors) HCI Remixed: Reflections on Works that have Influences the HCI Community. — Cambridge, MA: MIT Press, 2008.
126. Handbook of Human Factors / Salvendy, G. (Editor). (2-nd edition). — New York: John Wiley & Sons, 1997.
127. Helander M. (ed.). Handbook of human-computer interaction. — Amsterdam: North Holland, 1988.
128. Helander M. A Guide to Human Factors and Ergonomics. (Second edition). — CRC Press, 2005.
129. Human factors in the design and evaluation of central control room operations / Neville A. Stanton ... [et al.]. — Boca Raton: CRC Press, 2010.
130. Introduction to human factors and ergonomics for engineers / Mark R. Lehto, James R. Buck. — New York: Lawrence Erlbaum, 2008.
131. Lazar J. (Ed.) Universal Usability: Designing Computer Interfaces for Diverse User Populations. — John Wiley & Sons, 2007.
132. Lazar J.; Feng J. H. & Hockheiser H. Research Methods in Human-Computer Interaction. — Wiley, 2010.
133. Lewis C. & Rieman J. Task-Centered User Interface Design: A Practical Introduction. — Boulder, Colorado: University of Colorado, Boulder, 1993.

134. Marcus A. *Graphic Design for Electronic Documents and User Interfaces*. — Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Co. (ACM Press), 1992.
135. Meister D. *The history of human factors and ergonomics*. — Mahwah, NJ: Erlbaum, 1999.
136. Microsoft Corporation (Tandy Trower) *The Windows Interface Guidelines for Software Design*. — Redmond, WA: Microsoft Press, 1995.
137. Microsoft Corporation. *The Microsoft Windows User Experience*. — Redmond, WA: Microsoft Press, 1999.
138. Nielsen J. *Usability Engineering*. — Boston, MA: Academic Press, 1993.
139. Nielsen J. & Mack R. L. (Eds.) *Usability Inspection Methods*. — New York: John Wiley & Sons, 1994.
140. Nelson, T. “A conceptual framework for man-machine everything”. En: *Proceedings of national computer conference*, 1973.
141. Neville S. A. *Title Human Factors Methods: A Practical Guide for Engineering and Design*. — Ashgate Publishing Ltd, 2007.
142. Norman D. A. & Draper S. W. (Editors) *User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction*. — Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1986.
143. Perlman G.; Green G. K. & Wogalter M. S. (Eds.). *Human Factors Perspectives on Human-Computer Interaction: Selections from Proceedings of Human Factors and Ergonomics Society Annual Meetings 1983–1994*. — Santa Monica, CA: HFES, 1995.
144. Preece J.; Rogers Y.; Sharp H.; Benyon D.; Holland S. & Carey T. *Human-Computer Interaction*. — Wokingham. UK: Addison Wesley, 1994.
145. Preece J.; Rogers Y. & Sharp H. *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. — New York, John Wiley & Sons, Inc., 2002.
146. Rubin J. *Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests*. — New York: Wiley, 1994.
147. Salvendy G. *HandBook of Human Factors and Ergonomics*. — John Wiley and Sons, New York, 1997.
148. Sears A. and Jacko J. A. (Eds) *The Human-Computer Interaction Handbook (2nd edition)*. — CRC Press, 2007.

149. Smith H. T.; Green T. R. (eds.) *Human interaction with computers*. — Landers: Academic Press, 1980.
150. Sharp H.; Rogers Y. & Jenny Preece J. *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. — West Sussex, England, John Wiley & Sons, Inc., 2007.
151. Shneiderman B. A. *Software psychology: human factors in computer and information systems*. — Cambridge, MA: Winthrop, 1980.
152. Tullis T. & Albert B. *Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics*. — Morgan Kaufmann Publishers, 2008.
153. Turing A. “Computing machinery and intelligence” // *Mind*, 1950, v. 59, pp. 433–460.
154. Varela F., Thompson E., Rosch E. *Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. — Cambridge, MA.: MIT Press, 1991.
155. Varela F. J. *The Specious Present: A Neurophenomenology of Time Consciousness. Naturalizing Phenomenology: Issues in Contemporary Phenomenology and Cognitive Science*. — Stanford University Press. Stanford, 1997.
156. Varela F. J. *Patterns of Life: Intertwining Identity and Cognition // Brain and Cognition*. — 1997. — V. 34. — N 1. — P. 72–87.
157. Vicente K. J., Williges R. C. *Accommodating individual differences in searching a hierarchical file system // International Journal of Man-Machine Studies*. — 1988. — V. 29. — P. 647–668.
158. Watzlawick P. *How Real is Real?* — Vintage Books, N.Y., 1977.
159. Walker J. “Tutorial notes on online documentation” // *Proceedings of the Sigchi’88*, 1988.
160. Weinberg G. M. *The psychology of computer programming*. — New York: Van Nostrand Reinhold, 1971.
161. *Web accessibility: Web Standards and Regulatory Compliance*. — Jim Thatcher et al, 2006.
162. Weerdmeester B., Dul J. *Ergonomics for Beginners*. — Taylor and Francis, London, 1993.
163. Winograd T. *Understanding natural language*. — Edinburgh: University Press, 1972.
164. Winter, David. *Biomechanics of Human Movement*. — John Wiley and Sons, New York, 1979.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ №1

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

СТАДИИ РАЗРАБОТКИ

ГОСТ 2.103–68

МОСКВА

2002

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Единая система конструкторской документации

СТАДИИ РАЗРАБОТКИ

**ГОСТ
2.103–68**

Unified system for design documentation.
Stages of designing

Утвержден 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.

Стадия разработки	Этапы выполнения работ
Эскизный проект	<p>Разработка эскизного проекта с присвоением документам литеры «Э».</p> <p>Изготовление и испытание макетов (при необходимости).</p> <p>Рассмотрение и утверждение эскизного проекта.</p>
Технический проект	<p>Разработка технического проекта с присвоением документам литеры «Т».</p> <p>Изготовление и испытание макетов (при необходимости).</p> <p>Рассмотрение и утверждение технического проекта.</p>
<p>Рабочая конструкторская документация:</p> <p>а) опытного образца (опытной партии) изделия, предназначенного для серийного (массового) или единичного производства (кроме разового изготовления)</p>	<p>Разработка конструкторской документации, предназначенной для изготовления и испытания опытного образца (опытной партии), без присвоения литеры.</p> <p>Изготовление и предварительные испытания опытного образца (опытной партии).</p> <p>Корректировка конструкторской документации по результатам изготовления и предварительных испытаний опытного образца (опытной партии) с присвоением документам литеры «О».</p> <p>Приемочные испытания опытного образца (опытной партии).</p> <p>Корректировка конструкторской документации по результатам приемочных испытаний опытного образца (опытной партии) с присвоением документам литеры «О₁».</p> <p>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».</p>
б) серийного (массового) производства	<p>Изготовление и испытание установочной серии по документации с литерой «О₁» (или «О₂»).</p> <p>Корректировка конструкторской документации по результатам изготовления и испытания установочной серии, а также оснащения технологического процесса изготовления изделия, с присвоением конструкторским документам литеры «А».</p>

Стадия разработки	Этапы выполнения работ
	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).
 4. Под разовым изготовлением понимается единовременное изготовление одного или более экземпляров изделия, дальнейшее производство которого не предусматривается.

2. 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 соответственно этапов работ, указанных в таблице.

3. (Исключен, 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 технического проекта или рабочей конструкторской 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 опыт-

ного 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 учтенных копий или дубликатов.

ПРИЛОЖЕНИЕ №2

ГОСТ Р ЕН 614–1–2003

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

Группа Т51

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 EN 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 особенно-

стей 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, окруженного 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 непатологическое 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 учетом антропометрии и биомеханики

4.1.1. Размеры тела

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

- размеры тела взрослых, детей и пожилых (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 путём удобных движений; 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 недостаточное 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 избегать 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 мускулов (как, например, работа рук над головой). Масса ручного инструмента может при длительном воздействии вызвать существенное утомление мускулов, 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 учетом 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 ориентирование 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 ведет 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 учетом 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;

и) пульт управления должен быть сконструирован относительно формы, положения и блокировок так, чтобы исключить возможность человеческих ошибок;

к) 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. ЕН 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 освещенности;
- 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;

и) 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 создает 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, надежной 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

Эргономическая задача	Описание задачи
	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	Учет 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 натуральных моделей рабочего оборудования или его частей или применение макетов, чтобы оценить проект совместно с оператором и по возможности определить объем работы. Это должно включать оценку любой документации

Эргономическая задача	Описание задачи
11. Оценка результатов практического опыта оператора и изменения проекта	Новая оценка проекта с учетом 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 путем 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 удовлетворенность 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 натуральных 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

Целью системы оценки является создание общей системы оценки проектов, которая позволила бы конструкторам и другим заинтересованным сторонам оценить риск прямым и конструктивным путем. 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 или 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 трехзонной системы оценки

На основе классификации риска следует применять 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 дает 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.

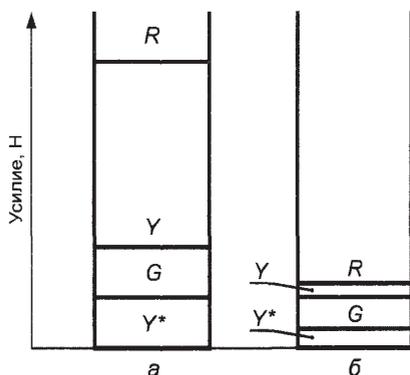
В некоторых обстоятельствах невозможно провести конструирование так, чтобы гарантировать незначительный риск для оператора. В этом случае оператору должны быть даны чёткие инструкции по работе.

На этапе конструирования важно, чтобы рабочие условия, в которых применяется рабочее оборудование, учитывались при отнесении оборудования к зелёной, жёлтой или красной зонам.

А.4. Пример трёхзонной системы оценки

Нажатие педали

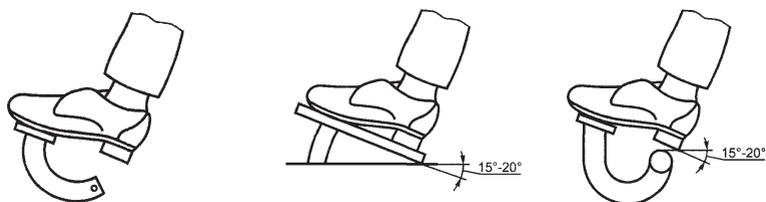
Рисунок А.1 показывает применение трёхзонной системы оценки для педалей видов, которые показаны на рисунке А.2.



G — зелёная зона, Y — жёлтая зона, R — красная зона

* 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.

Рисунок А.1 — Усилия для педалей двух видов



- а) нажатие педали движением ноги (например, тормоз)
б) нажатие педали движением стопы

Рисунок 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.
- [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

**Паспорт специальности психология труда,
инженерная психология, эргономика**

Шифр специальности: 19.00.03 Психология труда. Инженерная психология, эргономика.

Формула специальности: Содержанием специальности 19.00.03 — «Психология труда, инженерная психология, эргономика» в области психологических наук является исследование и/или проектирование процессов, характеризующих субъекта труда (индивидуального, группового) в соответствующих (учитываемых, проектируемых) средах обитания (информационных, экологических, технических, социальных и подобное). Труд понимается в широком смысле как производство людьми ценностей при взаимодействии с системами природы и культуры (также в широком смысле слова).

Объектом исследования, проектирования являются факты и закономерности формирования, функционирования субъектов труда (индивидуальных, групповых) в разнообразных условиях среды. При этом среда также понимается широко (как включающая предметные, социальные, организационные, гигиенические, эстетические составляющие, факторы безопасности труда и подобное).

Область исследования:

1. Методологические основы изучения процессов развития и функционирования человека как субъекта труда.

2. Изучение, классификация, проектирование трудовых постов, профессий как областей приложения духовных и физических сил людей; анализ требований, предъявляемых видами труда к личным качествам людей (включая вопросы работы человека в сложных, высокотехнологичных автоматизированных системах).

3. Изучение профессионально ценных особенностей психики людей (включая особенности личности, в частности мотивации, познавательных процессов, эмоциональной и рациональной регу-

ляции поведения; движений, операционально-смысловых структур профессионального опыта — пространственных, временных, технологических, социальных).

4. Изучение типичного и индивидуально своеобразного психического склада представителей разнотипных профессий, профессиональных общностей (склад ума, особенности образа мира, индивидуальный и групповой стиль работы и подобное). Изучение установок на творческий и исполнительский труд, производительную и потребительную мотивацию труда.

5. Психологические проблемы конструирования, эксплуатации и производства сложных технических систем.

6. Изучение особенностей проявления психики и оптимизация труда в сложных и опасных профессиях (включая вопросы анализа и предотвращения психологических причин ошибок, отказов, аварий, происшествий, катастроф, военной и боевой деятельности; вопросы возможных невротических срывов работников, профессиональных деформаций личности и подобное).

7. Изучение условий и возможностей психологического обеспечения безопасности труда в разных профессиях (включая вопросы психологической безопасности как сохранения оптимальных состояний работников, их психического здоровья).

8. Формирование профессиональной и человеческой (личностной) надежности представителей опасных профессий.

9. Изучение психологических условий и путей установления взаимного соответствия личных качеств человека и требований профессии (самовоспитание и саморегуляция профессионалов, их консультирование; психологические вопросы переподготовки работников, проектирование средств труда и производственной среды сообразно психологическим особенностям человека, расстановка кадров сообразно их личным качествам, профподбор, профотбор и подобное).

10. Изучение психологических аспектов смены профессий, разработка методов оптимизации соответствующих внутрисубъектных состояний (в частности применительно к случаям вынужденной перемены труда при частичной утрате трудоспособности, безработице, существенных изменениях привычных трудовых постов, средств труда в связи с научно-техническим прогрессом).

11. Изучение допрофессионального развития, формирования человека как субъекта труда (психологические основы трудового воспитания, обучения профориентации, профконсультации, психологической помощи людям при планировании ими трудового жизненного пути, «карьеры», при кризисах их профессионального развития). Закономерности трудового развития человека на начальных этапах антропогенеза, онтогенеза; установление периодов, границ чувствительности психики человека к развитию в качестве субъекта труда.

12. Изучение и оптимизация режимов труда и отдыха в разных профессиях (психологический аспект).

13. Изучение этапов, стадий развития, формирования человека как субъекта труда на разных возрастных этапах (включая вопросы кризисов профессионального развития, в частности, и в возрасте «отставки», ухода от привычной активной трудовой деятельности).

14. Изучение и разработка методов, процедур оценки, аттестации специалистов (психологический аспект).

15. Изучение особенностей функционирования операторов и операторских групп («команд»), включённых в управление сложными автоматизированными системами; разработка методов оптимизации их работы (на основе анализа процессов делового общения, распределения трудовых функций, координации движений, согласования, исполнения решений, формирования опыта работы в команде и подобное).

16. Изучение и проектирование процессов тренажёрной подготовки операторов для работы в сложных, высокотехнологичных системах.

17. Анализ и проектирование организации рабочего пространства операторов и операторских групп, команд, соответствующих информационных потоков, вариантов распределения функций работников.

18. Вопросы синтеза эргономических и антропологических (в частности антропометрических) подходов в целях оптимизации работы операторов и операторских групп, команд профессионалов, обеспечения оптимальной гигиенической (в широком смысле слова, включая и психогигиену) производственной среды.

19. Изучение функциональных состояний человека в профессиональной деятельности; диагностика, коррекция, профилактика неблагоприятных состояний.

20. Изучение, оценка, классификация и оптимизация субъективных (концептуальных, образных, интуитивных и т. п.) моделей управляемых, обрабатываемых объектов, производственных ситуаций в работе различных профессионалов.

21. Изучение, оценка и оптимизация трудовых процессов в разных профессиях.

22. Своеобразие мышления (решения задач) представителями разнотипных профессий.

23. Анализ опыта повышения квалификации специалистов и разработка моделей, концепций соответствующих учебных центров на основе психологического моделирования подлежащих решению задач (включая деятельность с использованием компьютерных технологий).

24. Изучение и оптимизация процессов принятия решений профессионалами (включая вопросы психологической поддержки обучения стилю принятия решений в условиях неопределённости, конфликта).

25. Вопросы построения движений (в частности невербальной экспрессии) в разных видах труда.

26. Функционирование человека в организационных системах, в процессах руководства другими (включая ситуации неопределённости, производственных конфликтов и поиска путей их конструктивного разрешения).

27. Исследование духовных основ профессионализма в интересах формирования человека как субъекта труда.

28. Психологические проблемы предпринимательства (как частного случая трудовой деятельности в современных условиях).

29. Изучение, оценка, классификация и оптимизация приемов и методов психологического воздействия в руководстве людьми.

30. Психологические проблемы маркетинга, рекламы как разновидностей активности людей, вовлечённых в хозяйственную деятельность (включая вопросы производства рекламной продукции на основе закономерностей познавательных и личностных процессов потребителей рекламируемых объектов).

31. Изучение и оптимизация явлений мотивации в труде, разработка систем психологически обоснованного стимулирования трудовой деятельности в разных профессиях и на разных стадиях развития профессионалов.

32. Изучение, оптимизация средств компенсации слабо выраженных у работников профессионально ценных качеств (вопросы компенсаторного профессионального приспособления, в частности при вынужденной перемене труда).

33. Анализ и проектирование средств и условий труда (с учётом особенностей психики людей) в связи с развитием новых технологий в разных профессиях.

34. Изучение, оценка и проектирование средств отображения информации об управляемых объектах и органов, средств управления объектами сообразно особенностям психики людей (включая и управление в организационных — социальных — системах).

35. Вопросы психологического обеспечения принятия решений профессионалами в ситуациях неизбежного риска.

36. Психологическое обеспечение оптимизации организационных структур в сфере труда.

37. Психологические проблемы распределения ресурсов и обеспечения организаций ресурсами (трудовыми, материально-финансовыми, информационными, включая психологические вопросы анализа и проектирования коммуникационных сетей в организациях).

Родственные специальности:

05.26.00 — Безопасность деятельности человека

03.00.16 — Экология

05.02.08 — Технология машиностроения

05.02.11 — Методы контроля и диагностики в машиностроении

05.22.00 — Транспорт

05.02.13 — Машины и агрегаты (машиностроение)

14.00.07 — Гигиена

19.00.03 — Психология труда. Инженерная психология. Эргономика

12.00.05 — Трудовое право. Право социального обеспечения

05.02.18 — Теория механизмов и машин

05.02.23 — Стандартизация и управление качеством продукции

- 05.02.05 — Роботы, мехатроника и робототехнические системы
- 05.02.22 — Организация производства
- 05.03.00 — Обработка конструкционных материалов в машиностроении
- 05.05.00 — Транспортное, горное и строительное машиностроение
- 05.07.02 — Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов
- 05.08.03 — Проектирование и конструкция судов

Примечание. Разграничение специальности 19.00.03 между родственными и смежными специальностями производится по направленности и объёму исследований. Исследования по родственным и смежным специальностям носят подчинённый вспомогательный характер.



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена Программа развития государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики» на 2009–2018 годы.

МАГИСТЕРСКИЙ КОРПОРАТИВНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ (МКФ)

Создан в 2009 году в качестве структуры, обеспечивающей самостоятельно и/или содействующей факультетам вуза выполнению работ по инициированию, разработке, апробации и внедрению магистерских образовательных программ подготовки управленческих кадров для работы в высокотехнологических отраслях промышленности и наукоёмком среднем и малом бизнесе, обладающих компетенциями по коммерциализации результатов научных исследований и разработок. Подготовка в рамках МКФ нацелена на обеспечение управленческими кадрами малых и средних наукоёмких компаний высокотехнологических отраслей промышленности России.

Обучение на МКФ — это:

- магистратура в ведущем российском ВУЗе
- карьера в области высоких технологий
- все условия для развития собственного бизнеса
- лучшие преподаватели и эксперты.

Сергеев Сергей Фёдорович

**Введение в инженерную психологию и эргономику
иммерсивных сред**

Учебное пособие

В авторской редакции

Дизайн

С. Ф. Сергеев

Вёрстка

Н. Л. Ушакова

Редакционно-издательский отдел Санкт-Петербургского
государственного университета информационных технологий,
механики и оптики

Зав. РИО

Н. Ф. Гусарова

Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99

Подписано к печати

Заказ №

Тираж 100 экз.

Отпечатано на ризографе